欧姆社学习漫画

漫画 电学原理

〔日〕藤泷和弘／著
〔日〕マツダ／漫画绘制
〔日〕株式会社TREND-PRO／漫画制作
陈　刚／译



科学出版社
www.sciencep.com

Kindle DX 出版署

✿前　言✿

在现代生活中，电是不可或缺的。我们一般将电流比喻成水流来形象说明，但由于电本身是无形的，理解起来比较困难。那么，通过什么途径才能让大家更好地理解电呢？

电为我们提供热、光和力，在日常生活的多个领域发挥着重要的作用。不过，我们即使清楚电为我们的生活提供了诸多便利，仍无法意识到电的存在。然而，若能先了解电的基本原理，再来反观生活中的各种电器产品，你便能清晰地意识到电的存在。

本书先以漫画作概略性的说明，再配以文字进行解说。对于电的工作原理这些内容，没有什么晦涩的说明。期望各位读者也能和漫画的主人公丽丽子一起，跟着矢野光老师的说明走进电的世界。通俗易懂的说明，能让对电学知识一窍不通的读者轻松阅读。

重申一次，本书采用的是故事性的漫画表现手法，以浅显易懂的方式解说电学原理。

本书之所以能付梓成书，我要在此感谢负责漫画绘制的マツダ先生，以及负责漫画制作的TREND-PRO公司的工作人员。另外，还要感谢东京电机大学三谷政昭先生帮忙审阅，在此表示深深的谢意。此外，要由衷地感谢为我提供这次出书机会的欧姆社各位编辑。

最后，若各位读者能借由本书更加了解电学原理，并对电学知识产生兴趣，我将感到非常荣幸。

藤泷和弘

✿目　录✿

第 3 章　一窥电的应用　85

序　章

话说电之国——电邦

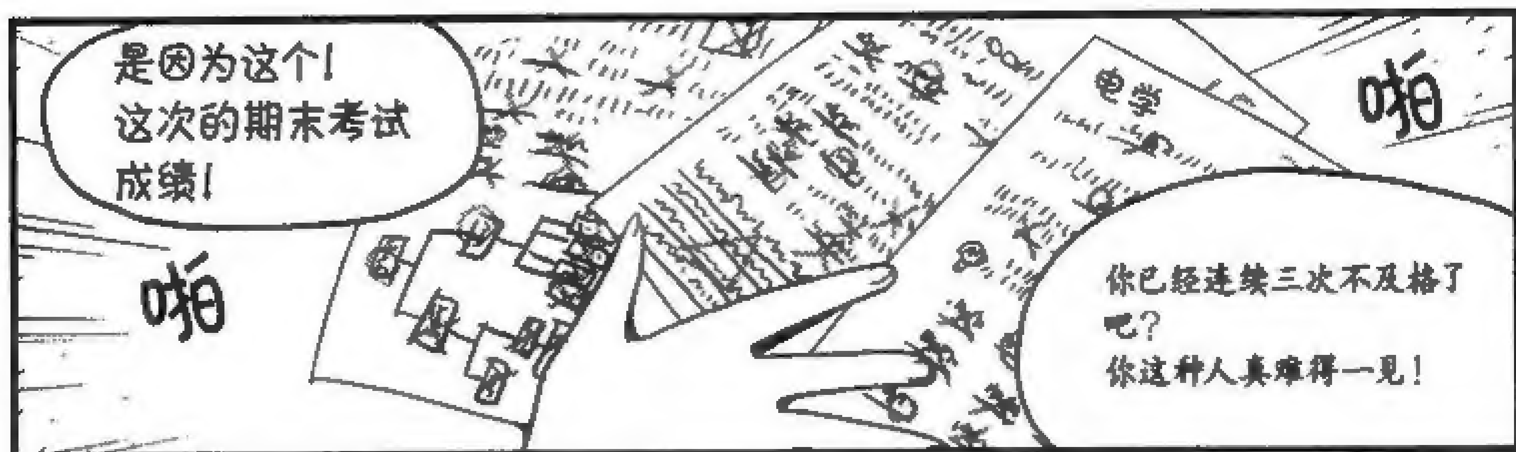



电　　邦
这是比地球拥有更先进电气产品的世界。


然而，即使在科技如此先进的电邦，教育上的困扰和我们地球并无太大差别……
中央电子教育学校


初中部
办公室
丽丽子……
你知道我为什么叫你来吗？
这个……


绝对是因为我太笨，所以一下子也想不出来。
没关系。
反正你说的是事实。


是因为这个！
这次的期末考试
成绩！
啪
啪
你已经连续三次不及格了
吧？
你这种人真难得一见！


或许是因为我的才能
深藏不露吧！
咚
我真佩服你的
乐观……


不管怎么样，请你在暑
假期间补课，补考前再
上一些课外辅导班吧！
啊？


暑假期间
上课？！
是呀！
你在那边好好从
头开始学习吧！


啊……
别紧张。
学习环境没什么差别，而
且那边的电学教学进度
比较慢，刚好符合你的程
度！

但……但是，这么突然，会不会让那边的老师感到很唐突啊……

我已经写信跟他打过招呼了。别担心！

而且我爸妈还没有同意……

他们说"好好加油"喔！

怎——怎么可以这样轻易将女儿送走？

生气

生气

另外，把它也带上吧。

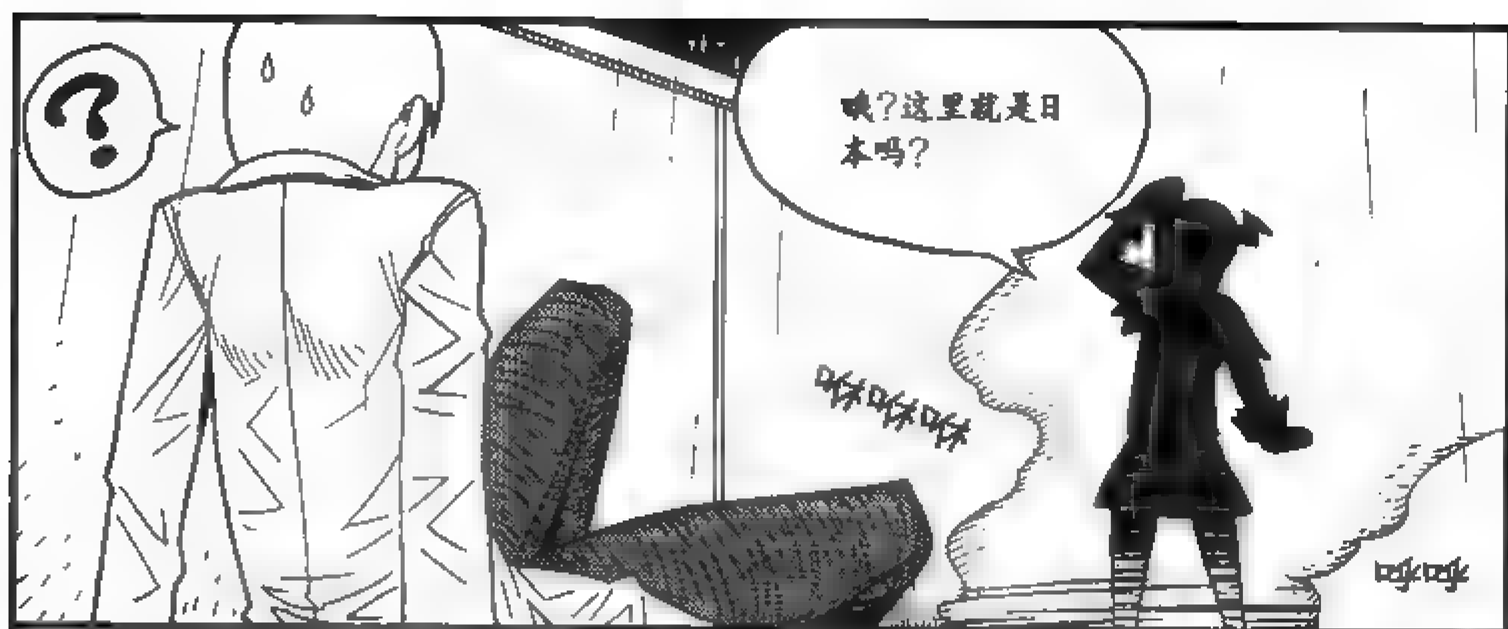
这是个什么机器人啊？

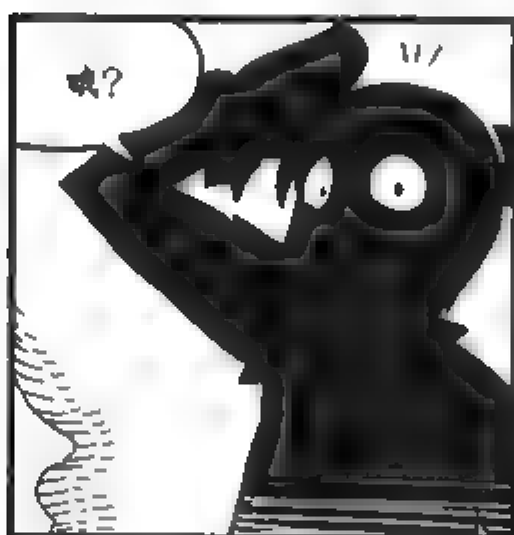
这是用于通信和监视的机器人"世之助"。

它可以当作往来两地的护照，所以请谨慎使用。

请多多指教。

日本·东京
沙沙沙沙……
怎么突然下起雨了……
真糟糕……早知道下雨，出门的时候带把伞好了。
反正快到家了，跑几步……
隆隆
啪啦
隆隆
轰隆
有？
轰
哇！
隆


?
咦?这里就是日本吗?


咦?


你就是小光老师吗?
老师?
咦?!
我的确叫小光，但是…


我是丽丽子呀!
是来上课外辅导班的!
虽然我有点笨，但无论如何
请您一定要拯救我的电学课
程!
啊?嗯……


不!
等、等一下!
惊
?

我的确是在大学的电学专业任教，也可以教你电学知识……

但你究竟是谁呀？

？

噢？
您没收到信吗？

信？

啊！

你这么一说，我想起来了，确实有一封没有邮戳、来路不明的信。

难道是这个吗？

啊！没错。

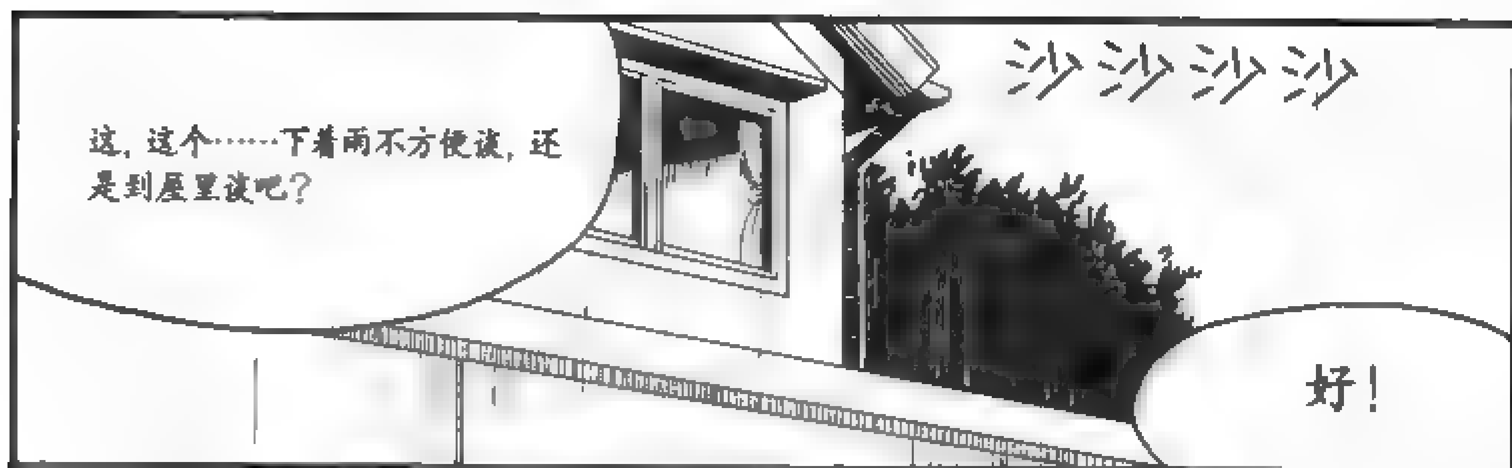
矢野先老师

希望您能抽空指导丽丽子，她将登门拜访。若您能帮我们这个忙将是我们莫大的荣幸。请您务必协助。

中央电子教育学校
特特卡

那么，这封信上写的丽丽子就是··

就是我！


沙沙沙沙
这，这个……下着雨不方便谈，还是到屋里谈吧？
好！


我房间有点乱喔
咔
咔

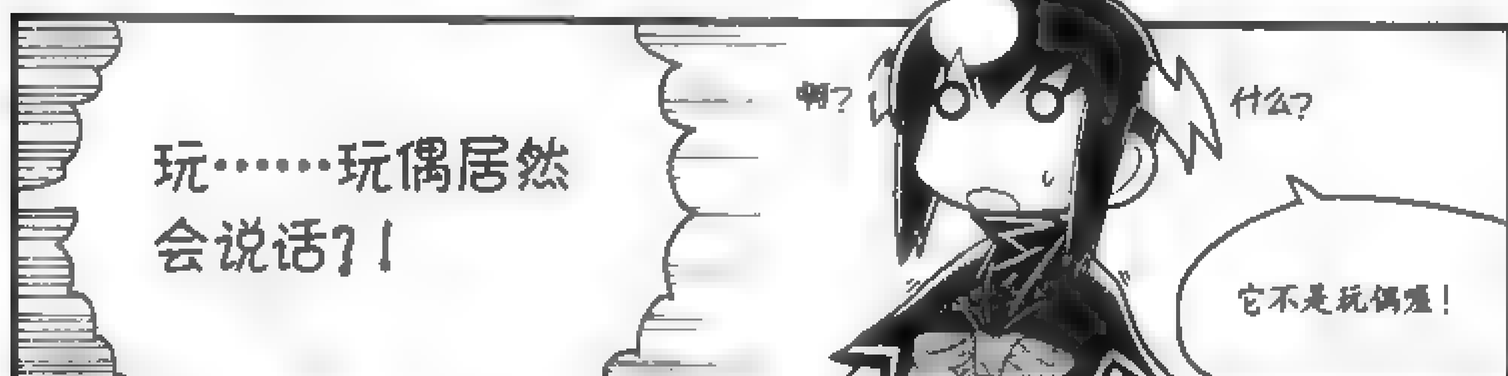

打扰··


毛巾、毛巾·
嗅？
丢
··


了
不···


……
哇！
咦？
我明明记得毛巾放在
这儿了

这也太夸
张了吧！
咔

哇！！
吓一跳

玩……玩偶居然
会说话？！
啊？
什么？
它不是玩偶喔！

放开我啦！
世之助是用于监视和通信的
小型机器人哦！

怎么回事？
可以说清楚吗？
嗯……


总之，就是这么
回事。
原来是从另一个
国家到这里来学
习的呀！


电邦的电学发展要比这
里更发达一些，
因此相当重视电学的教育，像我
这个年级的学生至少必须要懂些
基础知识。但是，我……该怎
么说呢？
因为被留
级……


打打打打打打
总之，就是打算在
这边补课，把跟不
上的部分补上啰！
哎呦！


特特卡老师对这个国家的情况可
真熟悉啊！

所以才会认为小光老师很适合教我吧！

拜托您了，小光老师……

可以教我电学基础知识吗？

她到底是怎么知道的呀？

我既然都已经牺牲了暑假来到这里，若没有完成补课，我怎么回去呀。

就算你这样说，我还是要做研究工作呀！

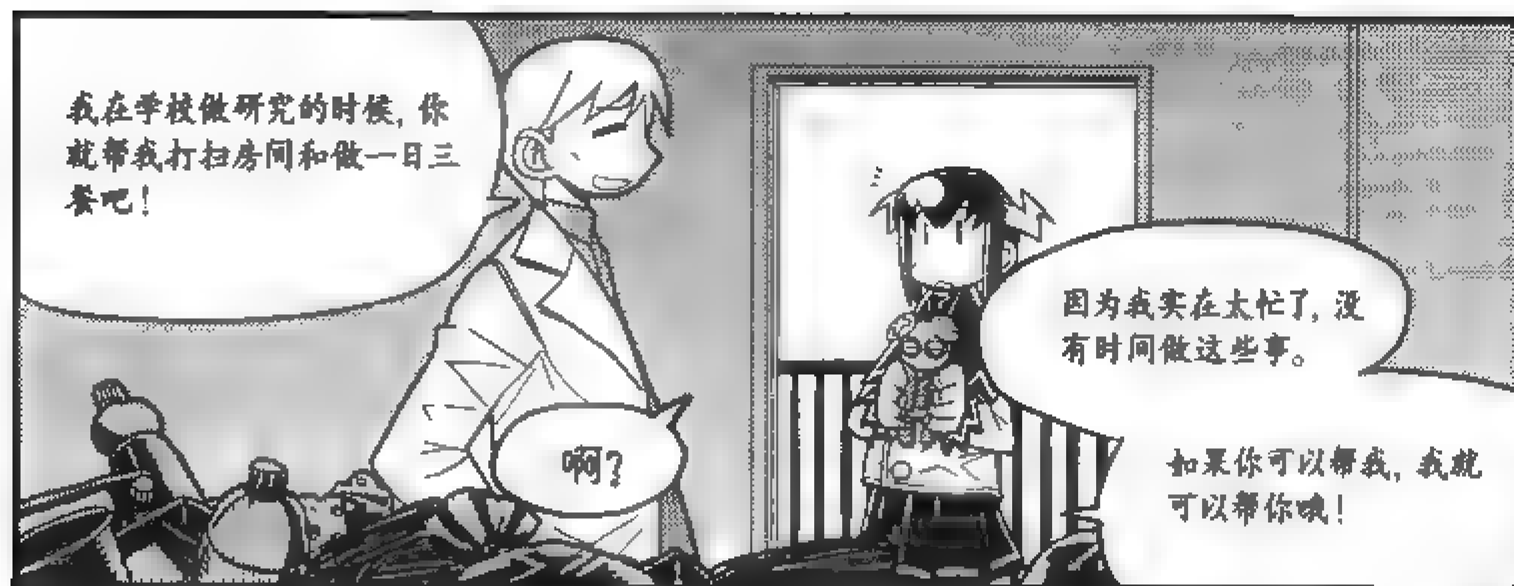
…

那，那你看这样行吗？

诚如你所见，我的房间有点杂乱吧？

有点?！

根、根本就是非常杂乱嘛！


我在学校做研究的时候，你就帮我打扫房间和做一日三餐吧！
啊？
因为我实在太忙了，没有时间做这些事。
如果你可以帮我，我就可以帮你哦！


那根本就是因为你太懒……
就这样说定啰！
Give & take对吧！
啪


嗯，那么就请多多指教啰！
阿——阿——
好！
我也会努……阿——阿


阿嚏！！
你们把拿毛巾的事忘得一干二净了。

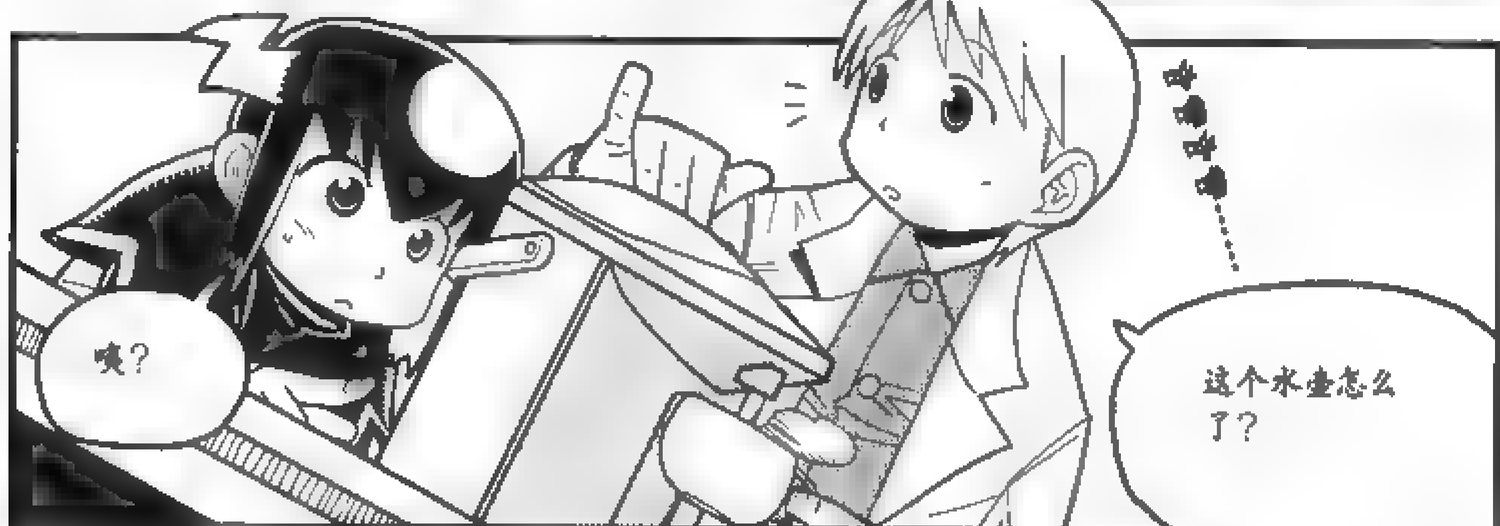
第 1 章
电是什么

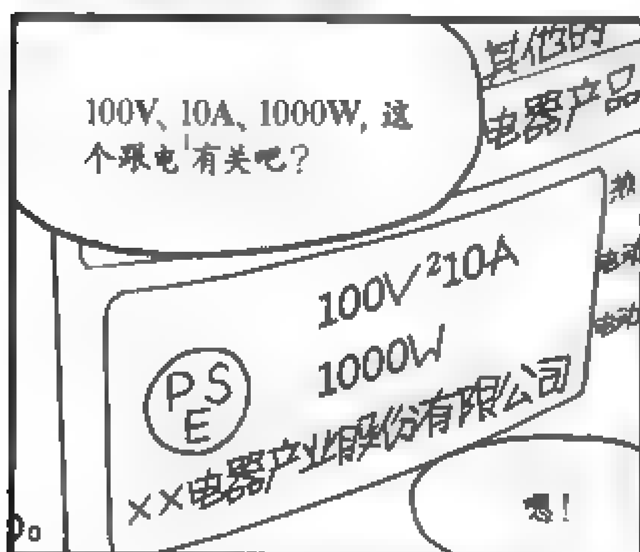


1.生活与电











1 电：Electricity。 2 中国普通居民用电电压为220V。

电的各种单位

1 伏特：Volt。 2. 电位：Electic Potential。



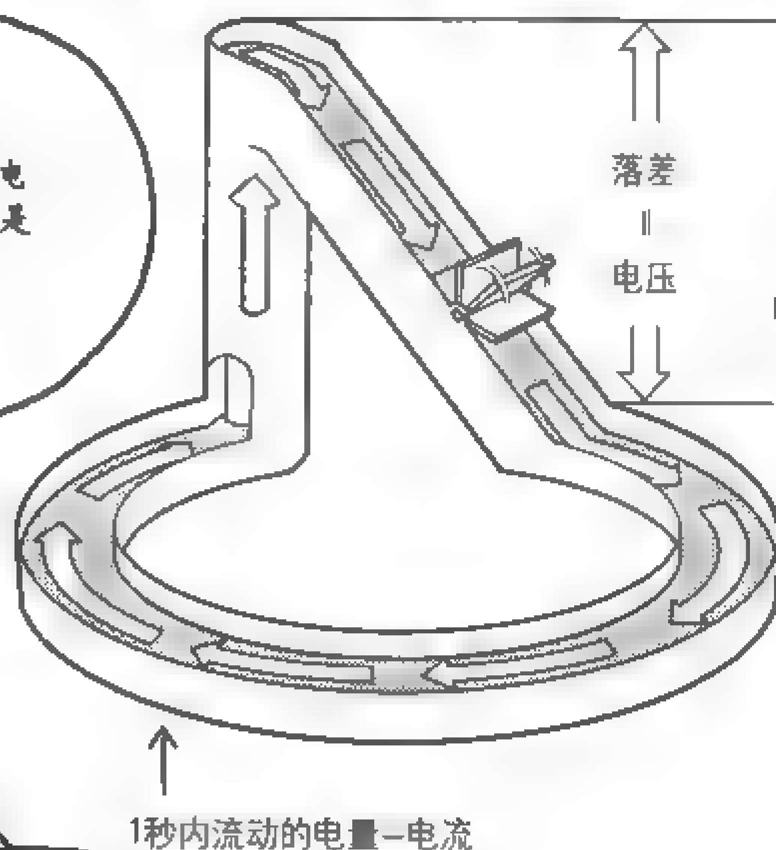
电压就是指这两处间的电位差。

水位差=电位差
=
电压

而"A(安培[2])"则是"电流"的单位。

A

所谓电流是指，每秒在电线中流动的电量。换作是水，指的就是水量。



看到这个，我有点想吃流水细面了。

1. 电位差：Potential Difference。 2. 安培：Ampére。


正如水流推动水车转动一样，电也是利用电流的流动来完成各种工作的哦！
突突


是细面在流动，对吧？
别再提细面了！

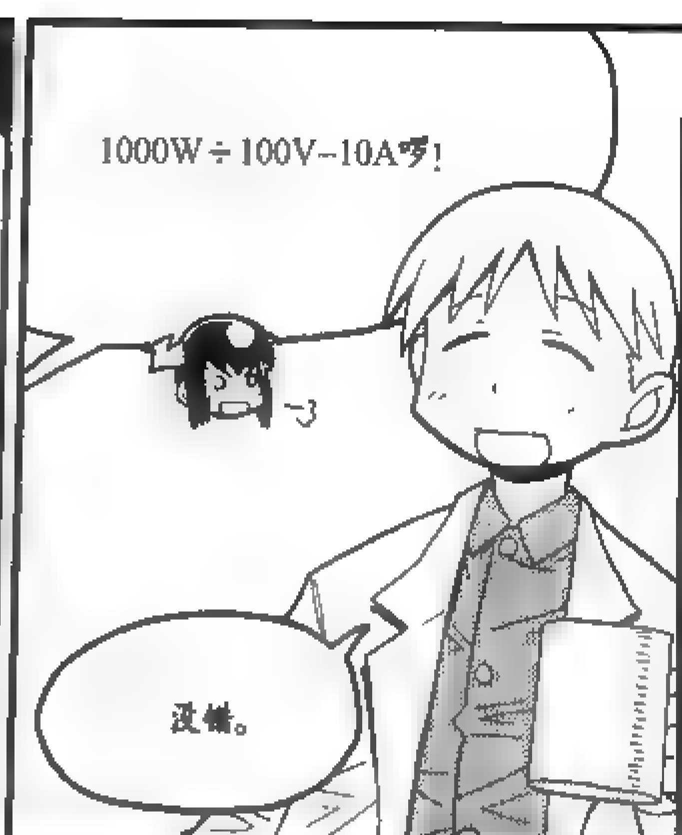

那么W是什么呢？
W
"W（瓦特[1]）"表示"电功率（消耗功率）"。


1秒钟内消耗的电能就叫电功率！
哇——


电功率是由
电功率(W)
=
电压(V)×电流(A)
这个式子求出的。

1 瓦特，Watt。





感谢您的使用。

用电明细			矢野光先生	电费收据（转账付款用）	
用户地址： 小区 楼 号				年 月	
年 月		契约类别	特种电灯B	收取金额	
使用量		310kW·h	合同用电	30A	
总金额			当月电表 前月电表 折扣 电表（旧） 替换前电表值 电表号码（下三行）		
分类	基本电费 1段式时间电价 2段式时间电价 3段式时间电价 燃料费调整 电化厨房住宅折扣额 转账折扣额 消费税等金额 绿色电力基金				





1. 千瓦时：Kilowatt Hour，简称kW·h。

这个可以用电功率乘以使用时间求出。
例如，使用1200W的产品2小时，将会耗电多少呢?
嗯……
1200×2……
是2400吗?
1200W × 2小时=2400W · h
=
2.4kW · h
没错。就是2400W·h，也就是2 4kW·h。
若知道这些就能估算出电器产品所消耗的电费!
若1 kW h为4元，那总共是9 6元啰!

流动于家电中的电

若同时使用数种耗电量大的电器就会造成跳闸，对吧!
按
啪
没错。

首先，我们要了解为什么断路器[1]会断电，以及应该如何防范。

砰

我们来想看看吧！

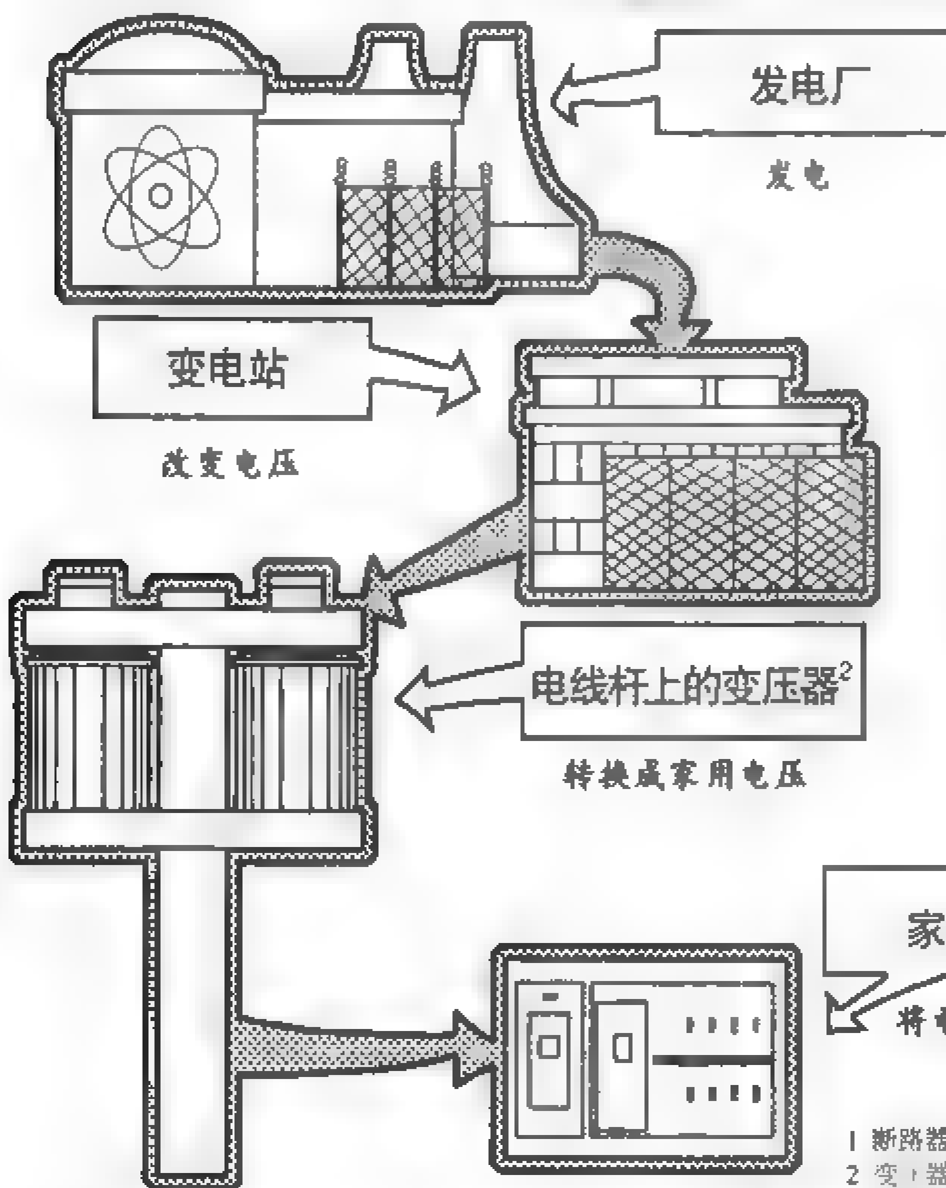
好的。

首先来谈谈电是如何进入千家万户的。

啪

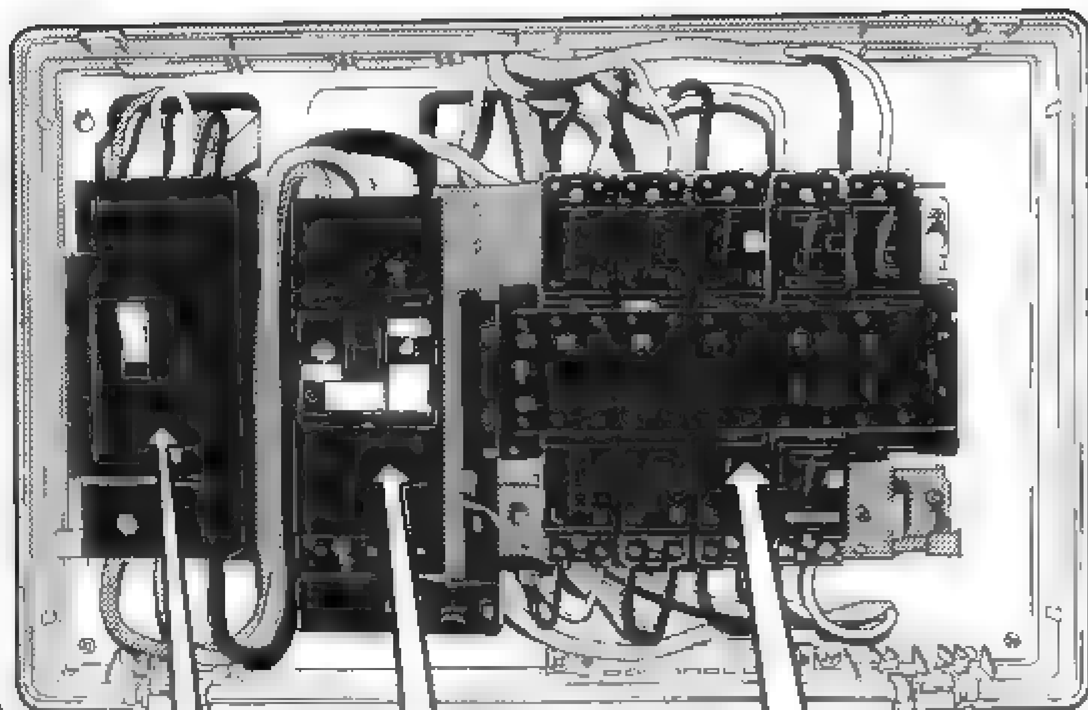
啪

好[1]



一般家庭所使用的电都是由发电厂生产，接着再通过电线，从变电站及电线杆的电压器配送至各个家庭。

1 断路器 Breaker。
2 变压器 Transformer。
3 配电盘: Distribution Board。



配电盘将电分配至各个房间。进入配电盘的电会通过电流控制器，然后进入漏电断路器中，接着再分配至数个无熔丝断路器。

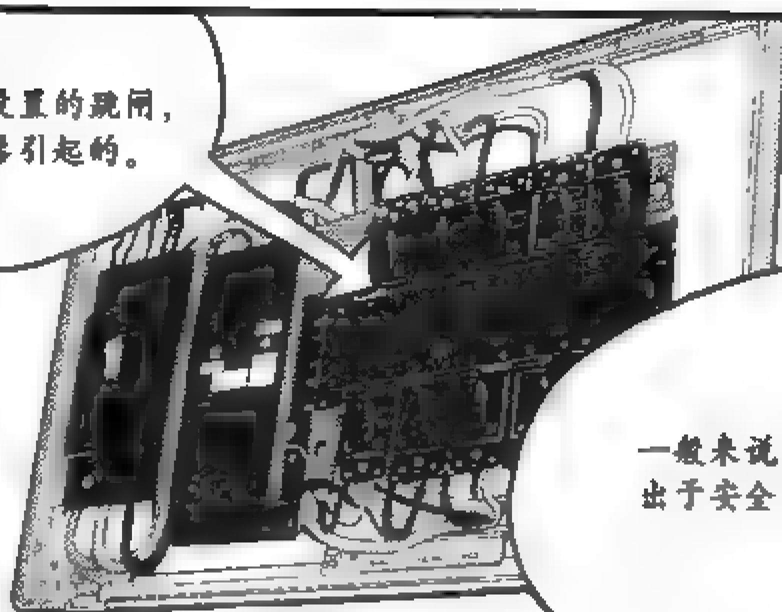






1 电流控制器，Current Controller。　2 漏电断路器 Earth Leakage Current Breaker，简称ELCB。

出于安全考虑而设置的跳闸，是由无熔丝断路器引起的。



一般来说，若电流超过20A就会出于安全考虑而跳闸。

也就是说，与每个无熔丝断路器连接的电器所使用的电，只要总电流不超过20A就没问题了。

没错。
这样就不会引发无熔丝断路器跳电。

日本家庭用电的电压为100V，因此只要将与每个无熔丝断路器相关的电器的消耗功率，除以100V再求和即可确认。

例如，试着将热水瓶和电饭锅的电流量相加……



热水瓶
7000W÷100V=7.0A



电饭锅
1230W÷100V=12.3A

19.3A

差一点就超过了……

担心

还好没有超过20A。

如果已经超过安全值，请先暂时关闭所有电器。

就是将一部分电器插至其他无熔丝断路器连接的插座上。

明白。

另外，还有一些即使断路器没跳闸也必须注意的重要事项喔！

普通的插座有个名为额定电流的可安全使用的电流值。

一般来说是15A。

咔嚓

咔嚓

咔嚓

咔嚓

那么，超过这个数值会怎样呢？

实际上，即使在同一个插座上，所使用的数种电器的总电流量超过15A也没关系，只要数值仍在20A以内，则无熔丝断路器就不会跳闸，但是……

如果长时间连续使用，插座及插头会发热，这种情况相当危险！

刺啦

刺啦

惊

哎呀！
这只是小菜一碟啦！

你别这样吓我，行不行啊！

因此，请尽量避免在同一个插座上插多个大功率电器的插头！

好……好的。

这样的话，给我充电的时候可一定要小心啊。

咦？
世之助，你这么耗电呀？

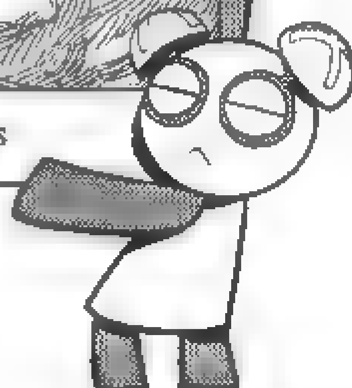
现学现卖一下，只要把我和其他电器插在不同插座上就不会发生危险了！

……不是啦！
我是担心电费。

电是什么

公元前600年左右，希腊哲学家泰勒斯发现，只要用布擦拭琥珀材质的装饰品，毛发等东西就会被吸过去。





啊！
难道是指……

静电吗？！

对。

只不过当时大家并不知道这是静电罢了。

顺便说一句，希腊语的琥珀“electron”就是、“electricity（电）”的词源哦！

electron

哇！

由于肉眼看不到电，所以当时人们只是认为这是“可以吸引轻巧物品的不可思议的力量”。

?

接着，来探讨电的真面目吧!

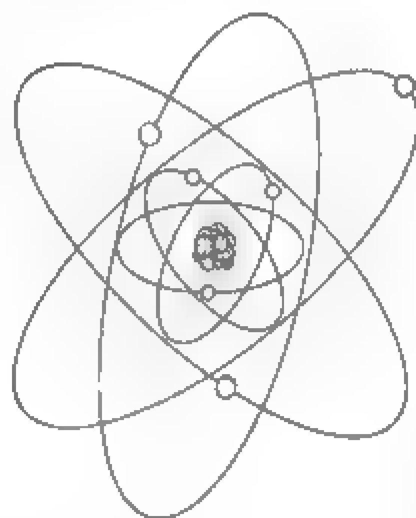
电的本质

事实上所有的物质都带电。你知道吗?

什么!

也就是说，我和小光老师也都带电吗?

没错!
我和丽丽子都带电。所有的物质都是由"原子[1]"这种微粒所构成的。



原子

哇——

原子核

电子

原子的中心为"原子核[2]"。其外侧环绕着"电子[3]"。

也就是说，电子的移动 电的本质。

这个星球也是绕着太阳旋转的吧!

木星 天王星 土星 太阳 海王星 水星 地球 火星 土星

两者很类似。

1 原子: Atom。
2 原子核: Atomic Nucleus。

与太阳地位相同的原子核是由具备正电性质的“质子[1]”及“中子[2]”组成的。

质子
中子
（正）

而环绕其外的电子则具备负电性质。

电子
（负）

既然原子中同时有正也有负，那么原子本身到底是正还是负呢？

？

通常，原子的质子数和电子数是相等的，因此它是中性[illegible]！

不过，如果从外部对此原子施加热和光后，

热

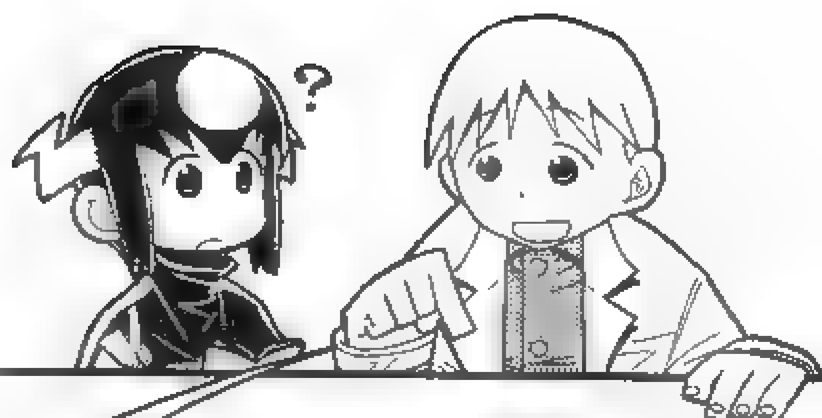
光

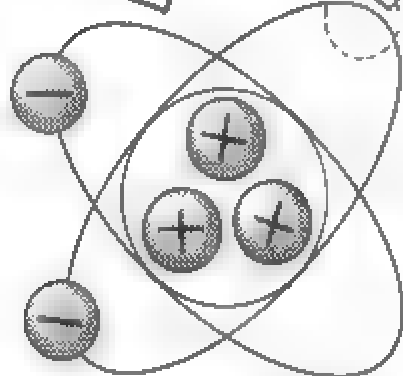
咻!!

咧!

电子就会离开原子，这种电子就称为“自由电子[3]”。

1 质子，Proton。 2 中子·Neutron。 3 自由电子·Free Electron。







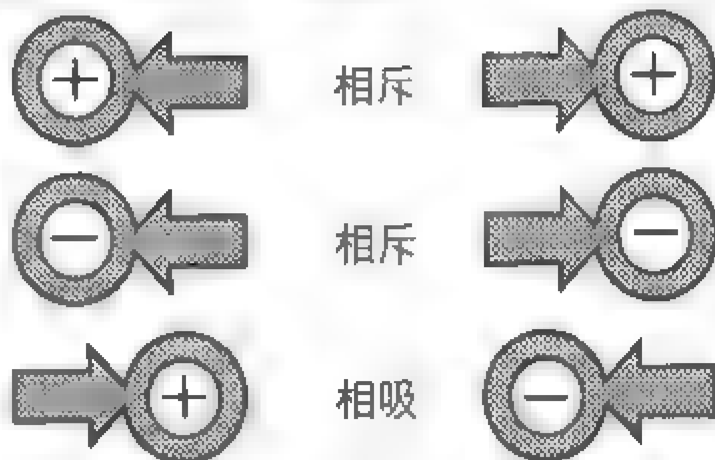


1 带电：Electrification。

此外，具备正电或负电的能量者称为“电荷”。质子具有正电荷，而电子具有负电荷。

电荷……吗？

电荷具有同性相斥、异性相吸的性质。



如同磁铁的N极和S极呢！

这就称为“静电力[1]”或“库仑力[2]”。

电荷在不改变正负性质，也不移动的状态即为静电。

1 静电力: Electrostatic Force。 2 库仑力: Coulomb Force。

放电和电流

物质为中性时，属于自然状态。而一旦带正电或负电的情况发生，电子便会移动以恢复中性状态。

这是为了要恢复自然状态吧！

另外，物体中如同金属般易于导电者称为“导体[1]”。

玻璃或橡胶等不易导电者称为“绝缘体[2]”。

介于上述两者之间的则称为“半导体[3]”。

嗯，嗯。

正电荷和负电荷若存在于绝缘体内，则电子无法移动。

绝缘体

是由于难以通电所致吧！

1 导体：Conductor。 2. 绝缘体：Insulator。 3. 半导体：Semi-Conductor。

将带有电荷的物体，用铜线之类的导体连接后，

哗

带负电的电子会往正电的方向移动。



正电和负电相结合从而抵消了电的性质，形成不带电状态。



这种现象就称为"放电[1]"。

哇——

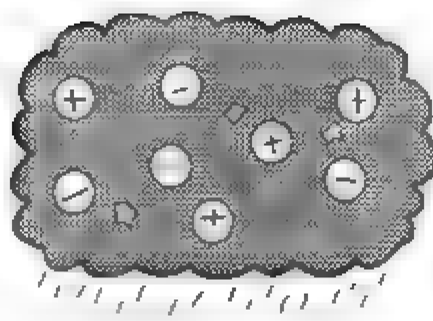
放电在空气中或是真空状态下也会发生哦！

空气中也会放电？

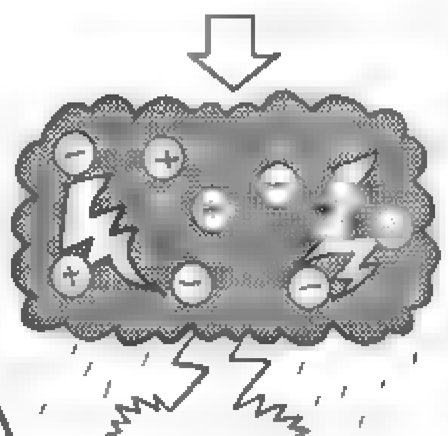
1 放电：Discharge Elctricity。

雷就是个例子哦！

雷是经由云层中的微小冰块互相摩擦后，产生的静电朝地面放电的状态。



积雨层中的冰雹或冰块相互碰撞而产生许多[illegible]。



在云层间的放电或朝向地面形成落雷。

这是相当强烈的放电呢！

虽然空气为绝缘体，不太容易放电，

但大量的电荷累计后，正电和负电的电位差……即电压变得相当大时，

轰！

就会一下子破坏空气的绝缘状态而放电。

还能够破坏绝缘状态！真是不得了的力量呀！

是呀！虽然只发生于一瞬间。







电流的流向

电子的流向

直到后来得知电子带负电，我们才知道电子的移动方向和电流的流向是相反的。

原来如此。

原子序数和电子

原子有许多种类，且各有其编号。

那称为“原子序数[1]”。

例如，常用于电线的铜的原子序数为29。

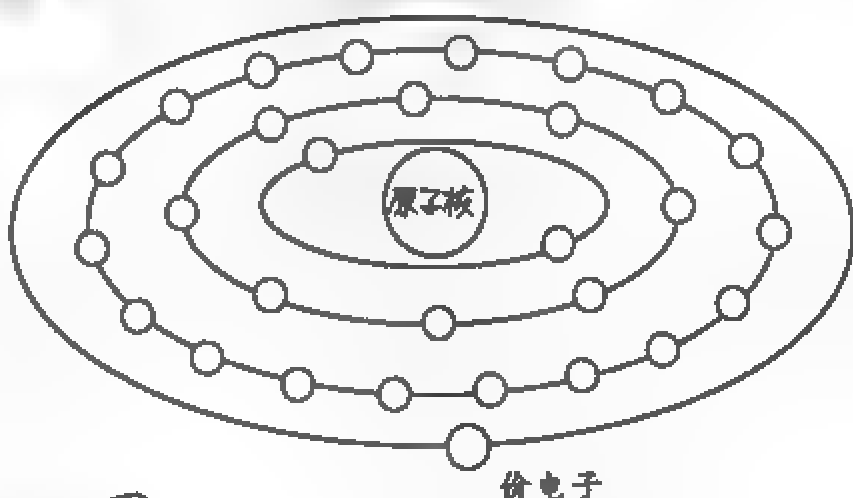
为什么铜是29呢？

原子序数和原子所具备的质子数相同。

喔！

既然质子数和电子数相同，那么铜带有29个电子呀！

铜的原子核周围有四个被称为“电子层[2]”的轨道。由内侧算起，具有的电子数为2个、8个、18个、1个，总共29个电子。



位于最外侧电子层上的电子称为“价电子[3]”。

1 原子序数：Atomic Number。
2. 电子层：Electron Shell。
3. 价电子：Valence Electron。

铜的价电子为1个。

拿

价电子受到原子拘束力最小，
因此最容易变成自由电子。

对于铜来说，当从外部对它施
加热和光后，其能量会集中于
那一个价电子上。

热

嗯～～～

光

原子核

噢，因为铜的电子容易离开，
所以它的导电性很好！

是这样的！

铜之类的导体在通电时，
电子会由邻近的电子开始
一个接一个地移动。

原来如此。

3. 所谓的静电是……

刚才我们讲过，“电荷在改变正负性质前，不移动的状态即为静电”。

那现在我们就来详细说说静电吧！

好的！

电那也有四季之分，每到冬天我常常会“啪、啪、啪”地触电，好讨厌啊！

毛衣等

啪

啪

哎呀！

啪

哎呀！

门把手等

这说明我们的生活中充斥着静电。那么，你知道静电是怎么产生的，又具有哪些性质吗？

嗯？

嗯·
这个嘛

啪啪啪

那么，先来谈谈静电的产生吧！

发生在身边的静电

说到静电就不能不用到这个。

拿

啊！拿出垫板要做……

要这样呀！

嘿

果然……

只要像这样将塑胶制的垫板与头发摩擦后，头发会带正电，垫板会带负电。

摩擦 摩擦 摩擦 摩擦 摩擦 摩擦 摩擦

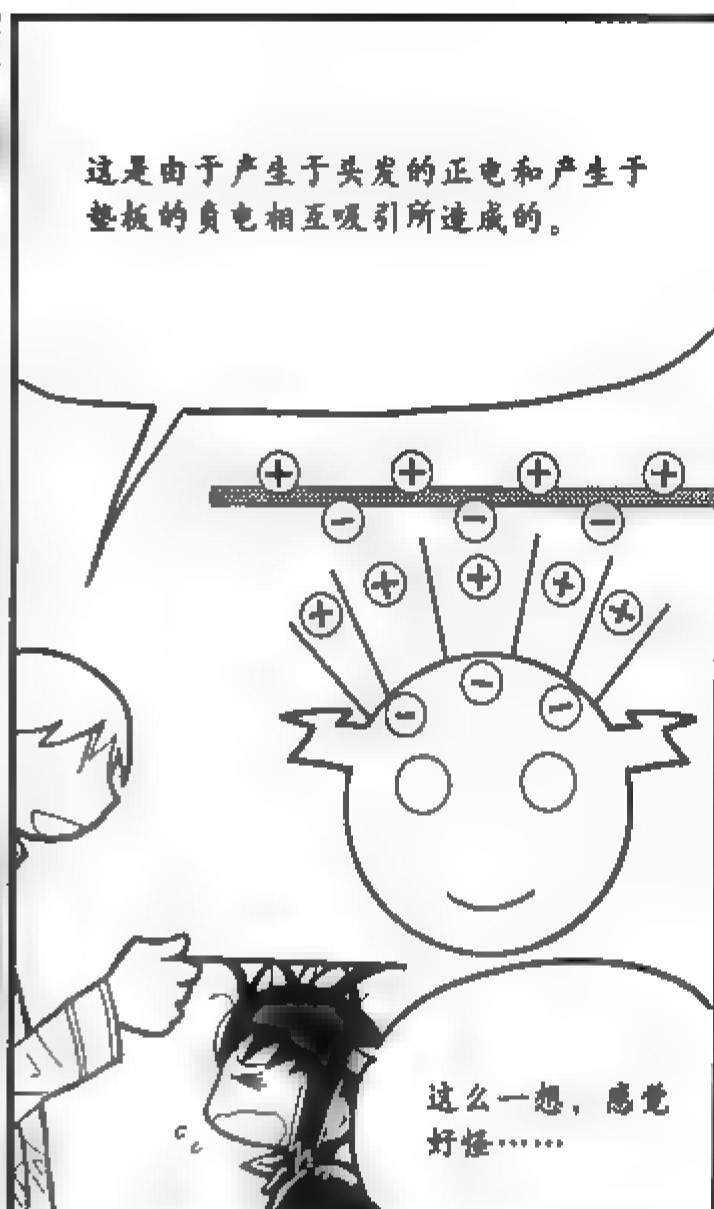
知道了……

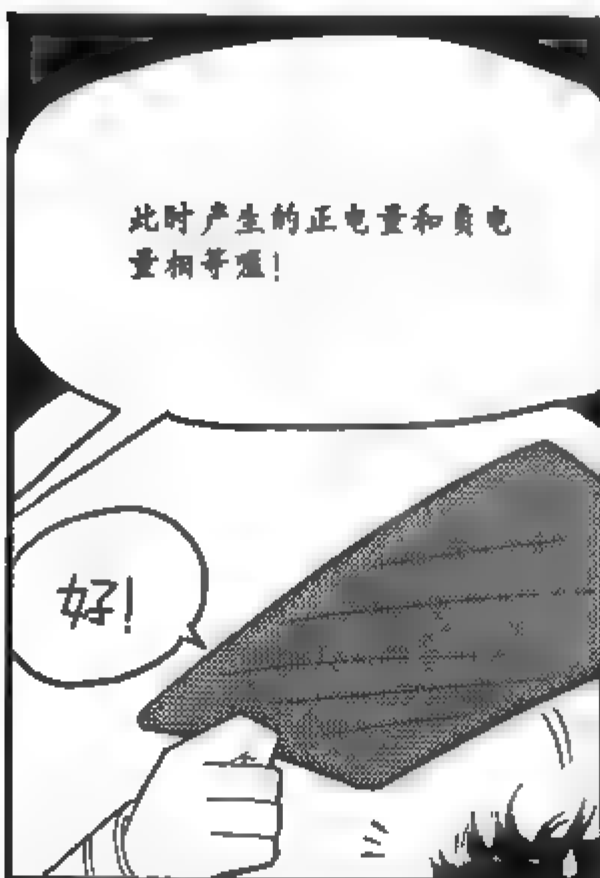
此时，垫板与头发磨擦的一面与另一面，会带有相反的电性。

哎呦!



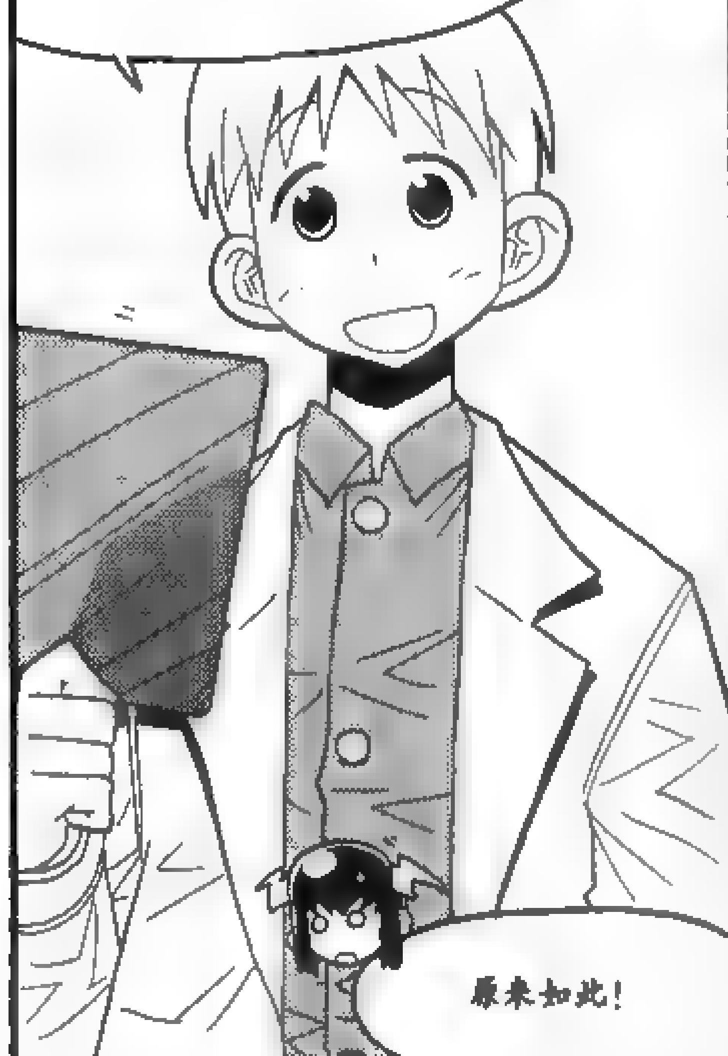








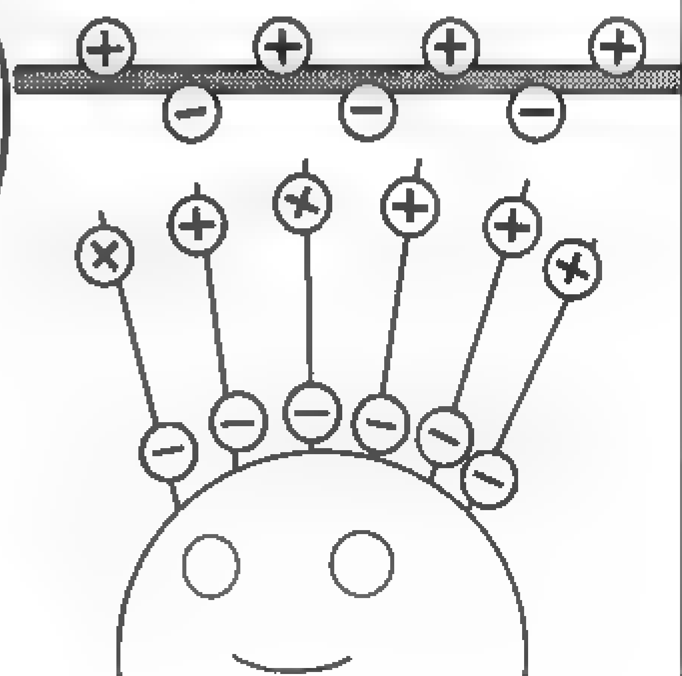
1 摩擦电：Triboelectricity。


像这样一样，静电就是产生于物体之间的接触和摩擦。
原来如此！


发生静电的垫板放到我头上后……
放


现在换成我的头发竖起来了吧？
真的耶！


这是由于带负电的垫板靠近不带电的头发后，使接近垫板的部分头发带正电所引起的。





静电和带电列







1 静电感应：Electrostatic Induction。

此外，衣服也还分为容易带电的和不易带电的。

有这种事？

例如，吸水性好的丝质材料较化学纤维材料含有更多水分，因此可以减少静电产生的机会。

哇——

丝质服装

垫板和头发相互摩擦后，垫板产生负电，头发产生正电。

但是产生电荷的极性依摩擦的物品不同而有所不同。

这就称为“带电序列”。

带电序列

+

- 人体毛发
- 玻璃
- 尼龙
- 羊毛
- 丝绸
- 棉
- 麻
- 木材
- 皮肤
- 纸
- 铁
- 橡胶
- 亚克力
- 聚乙烯
- 塑胶

−

例如，头发和棉质手帕互相摩擦后，

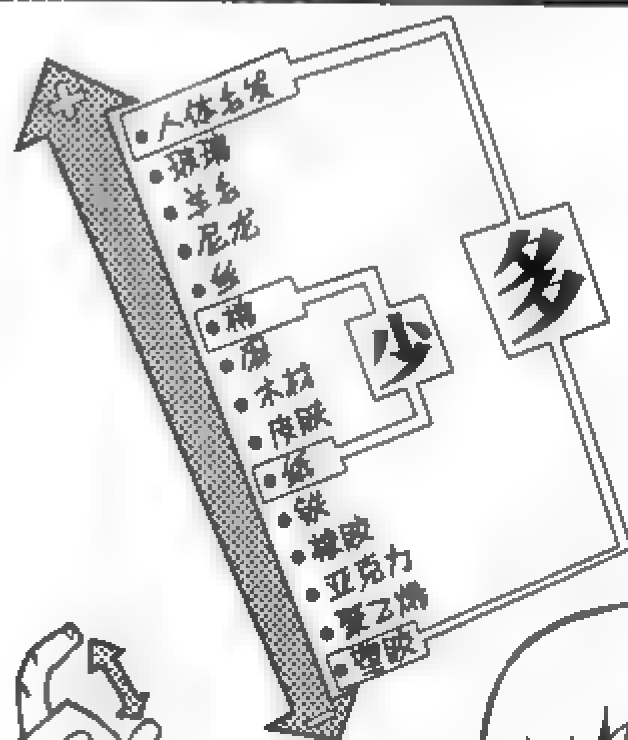
头发会带正电，而棉质手帕会带负电。

若改由棉质手帕和塑胶垫板互相摩擦，则

棉质手帕会带正电，塑胶垫板带负电。

正电、负电并非恒定，而是依摩擦组合来决定。

然而，有时也会因摩擦物表面的状态不同而影响带电特性。



基本上，只要记得在带电序列的位置关系上，离得越远的物质产生的静电越多，离得越近则产生的静电越少。

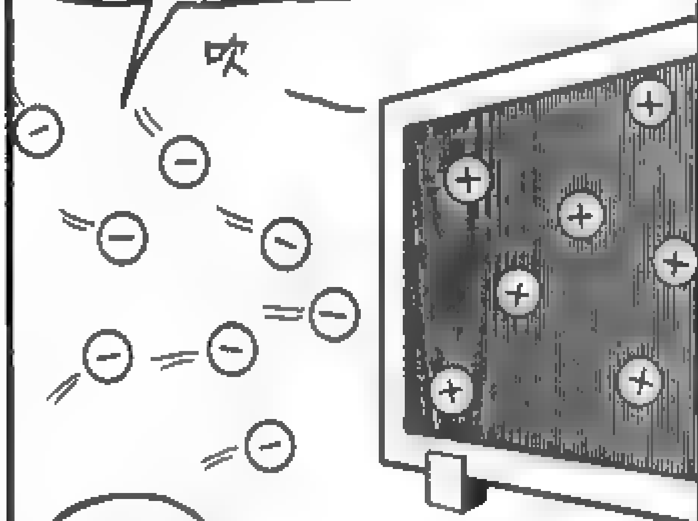
是这样啊。

静电的应用

那么，接下来就给读者讲一讲静电的应用吧。

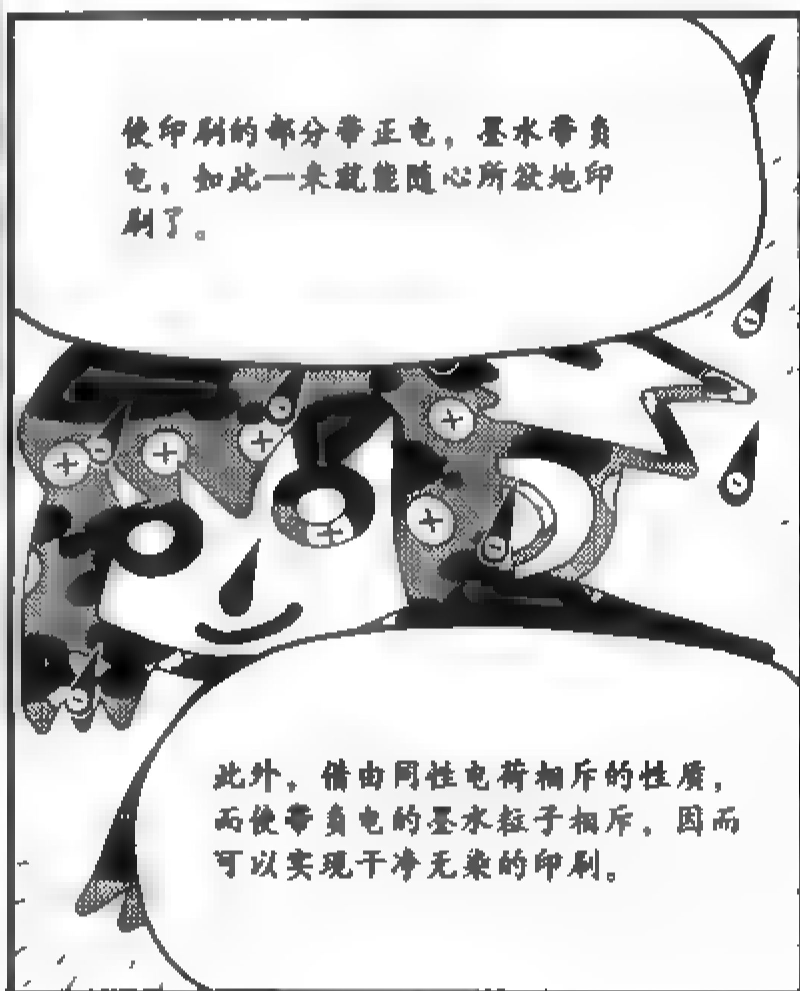
应用呀!

空气净化器就是利用静电产生的库仑力来工作的。



原来如此，因为库仑力可以吸附微小的灰尘。






这都多亏了静电！
哈
虽然静电挺让人讨厌的，但如果能理解其特性，便可以充分地利用哦。


没错！多亏您的帮忙，我对电学知识已经有基本的了解了。
太好了。那么今天就到此结束吧！

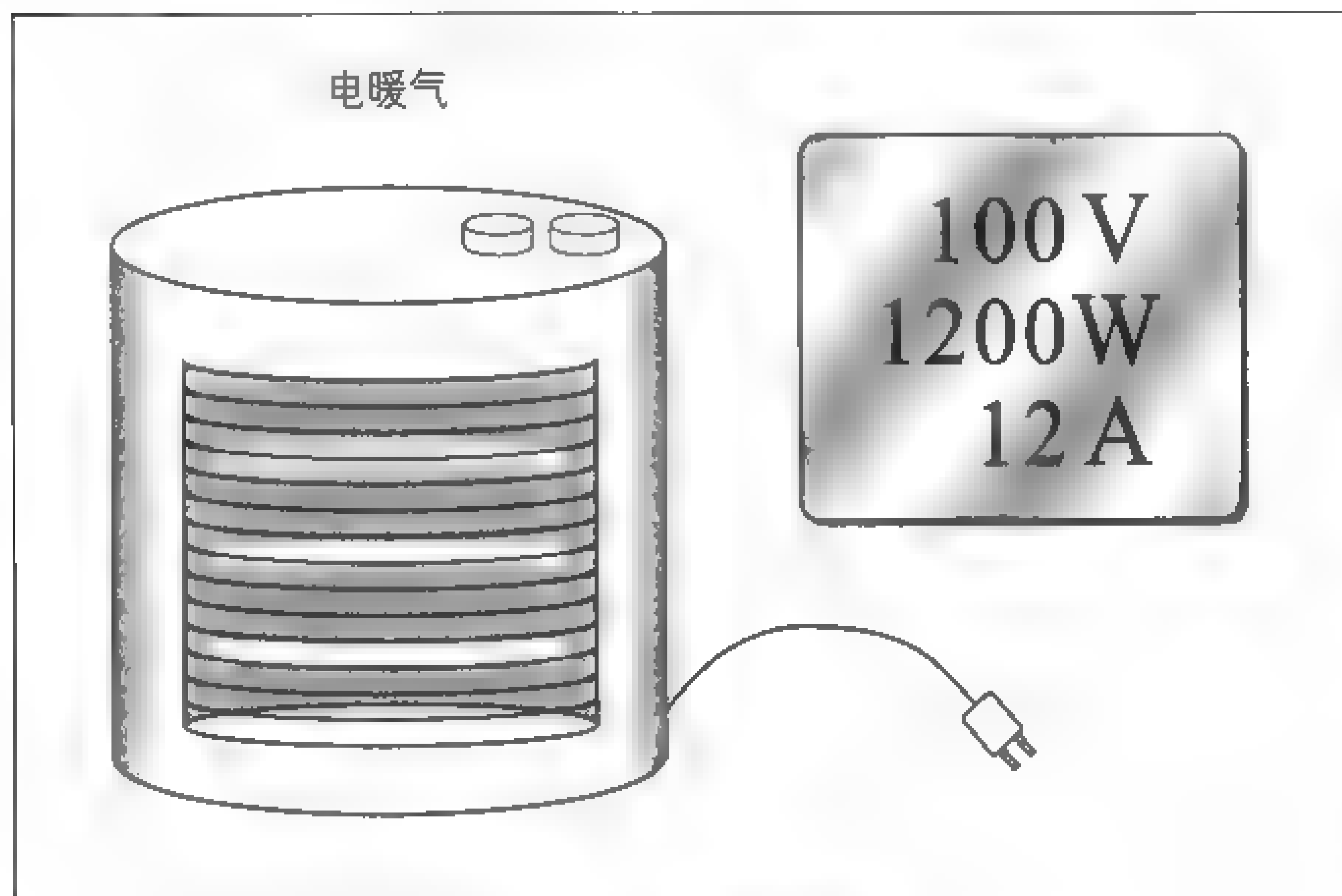

话说回来，你会做菜吗？
哈
相当在行哦！


冬虫夏草盖饭、九层塔炒黑虫是我的拿手好菜。
那是菜名吗？！

追根究底

家电产品的标识

通常家电制品上会标着电压100V、电流12A、消耗功率1200W等用电规格（图1-1）。



◆ 图1-1 家电制品的标识

电压指的是使电流动的压力，符号为*V*，单位为V（伏特）。在此用于表示单位的伏特，是用发明电池的意大利物理学家伏特（Alessandro Volta）之名命名的。-般来说，中国的家庭使用的电压为220V。

电流指的是电线中每秒流动的电量，符号为*I*，单位为A（安[培]）。安培是用法国物理学者安培（André Marie Ampére，1775~1836）之名命名的。此外，用于符号的*I*是由Intensit of electicity(电的强度)的字首而来。

消耗功率为电流于1秒内（单位时间）流动所消耗的电能，符号为*P*，单位为W（瓦[特]）。瓦特是用发明蒸汽机的英国技工瓦特（James Watt）之名命名的。

消耗功率可以用电压和电流的乘积来表示。使用电压为100伏[特]、电流为12安[培]的产品时，消耗功率为$P=V\times I=100\times 12=1200$(瓦)。

我们的家庭中有很多电器产品的额定电压都是100伏[特]，若将这些产品上所标示的消耗功率除以100伏特，既可求得流动于电器产品内的电流值。假设，有两个消耗功率相等的电器产品，则以200伏[特]来使用电器时的电流，将等于以100伏[特]来使用电器时的一半。

电器产品的电压及使用电流的实例

$P=V\times I$，可得 $I=\dfrac{P}{V}$

以100伏特使用的电器制品 $I=\dfrac{1200\text{W}}{100\text{V}}=12\text{A}$

……电流为12安培

以200伏特使用的电器制品 $I=\dfrac{1200\text{W}}{200\text{V}}=6\text{ A}$

……电流为6安培

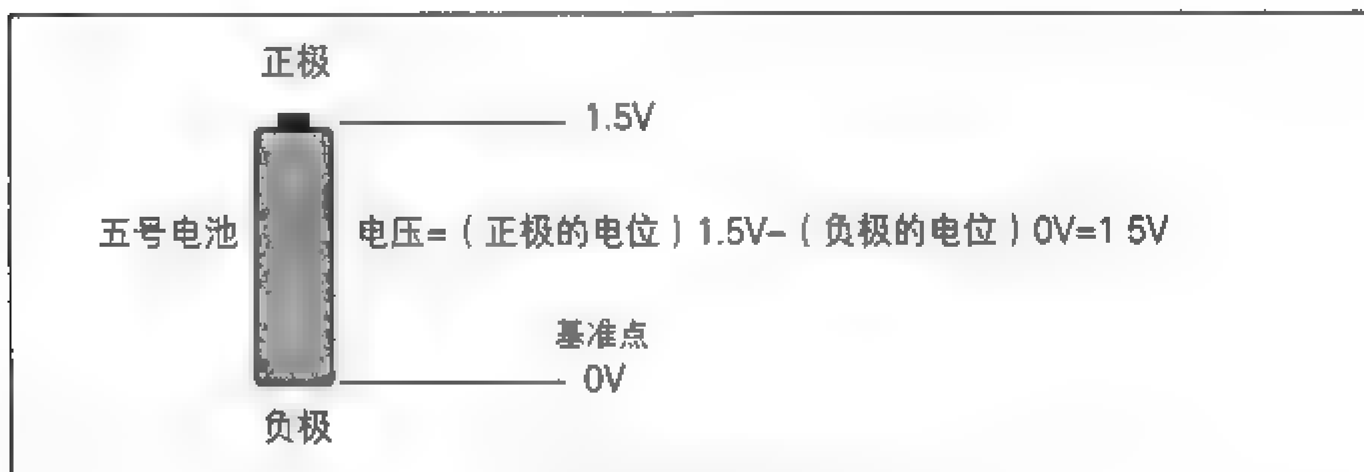
此外，由于流动于电线中的电流容许值是固定的，使用电压越高，可使电线越细。

耗电量为某期间内电流流通的总工作量，可以用消耗功率和时间的乘积来表示。例如，使用消耗功率为1kW的电热器1小时(h)后，耗电量为$1\text{kW}\times 1\text{h}=1\text{kW·h}$(千瓦时)。另外，时间以秒来表示时的耗电量为消耗功率×秒，单位符号采用W·s(瓦[特]秒)。例如，使用1kW的电热器1小时的情况，1小时=60分=3600秒，因此耗电量为$1\text{kW}\times 3600\text{s}=3600\text{kW·s}$。

一般家庭的电费是以耗电量（kW·h）乘以单价及基本费加总计算的。若电费每千瓦时为0.5元，使用消耗功率1 kW的机器1小时后，耗电量为1kW·h，可知电费为0.5元。

电压和电位

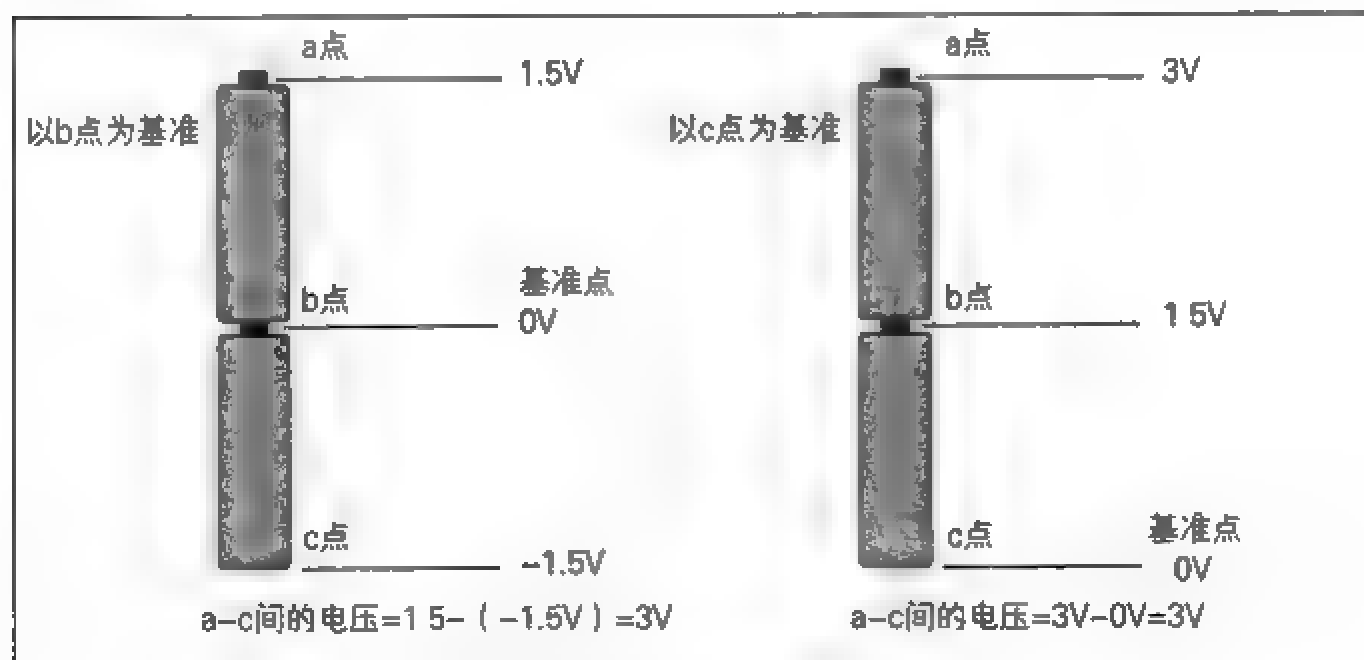
相对于某基准点的电压称为电位(Electic Potential)，电会由电位高处流向电位低处。此外，电压可以用两点间的电位差来表示。例如，一个五号电池的各极电位，若以负极为基准点，则负极的电位为0伏特，正极的电位为1.5伏特。正极和负极的电位差就是此干电池的电源电压(图1-2)。



◆ 图1-2 干电池的电源电压

如同下图1-3，将两个干电池重叠，并设b点为基准点，则a点的电位为1.5V，b点的电位为0V，c点的电位为-1.5V，则a-c间的电压可由(a点的电位)-(c点的电位)求得。此外，若以c点位基准点，则c点的电位差为0V，b点的电位为1.5V，a点的电位为3V。

电压越大，也就是电位差越大，则使电流动的压力就越大。



◆ 图1-3 重叠两个干电池的电源电压

电子和电荷

所有的物质都是由原子组成的。原子由原子核及电子所构成，而原子核由质子和中子构成。由于质子带正电，而中子为电中性，因此原子核本身带正电。另一方面，电子带负电。

通常，原子中质子所具备的电量和电子所具备的电量相等，因此由外看来原子本身为电中性。

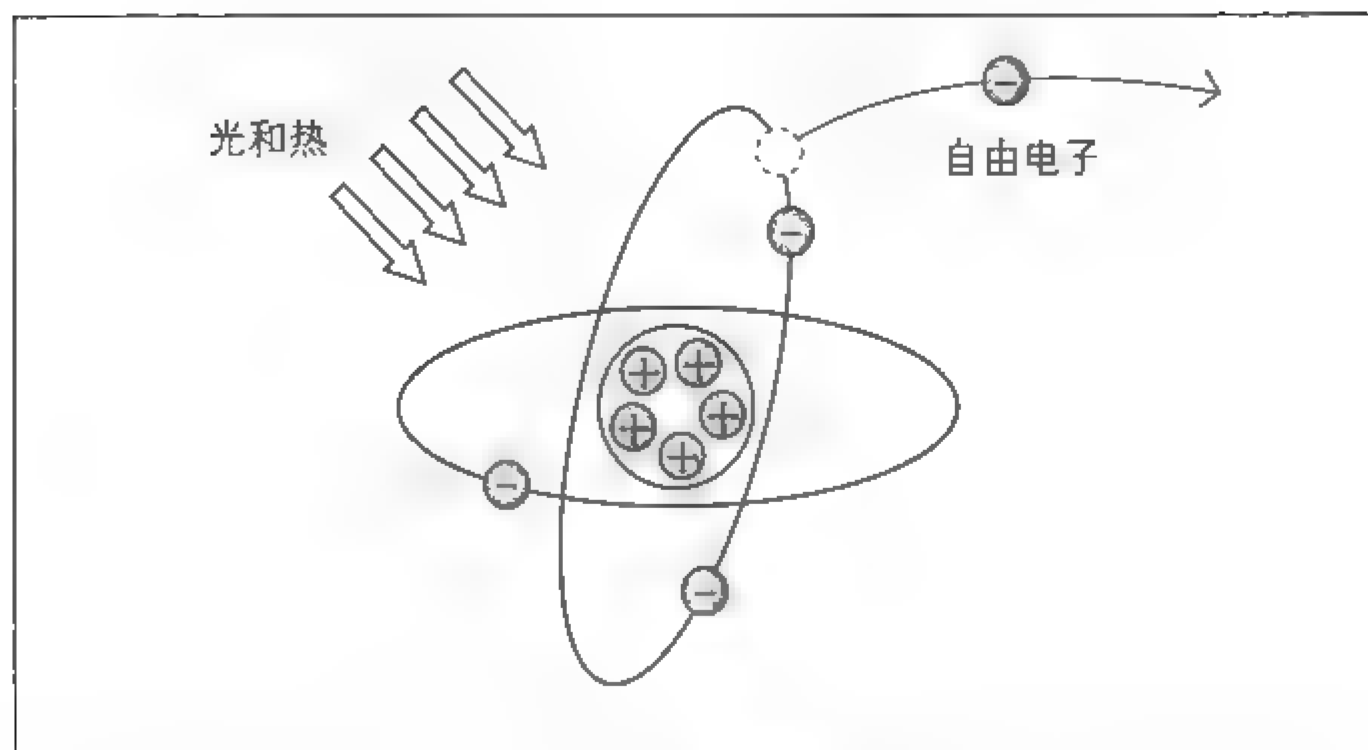
质子及电子所具备的电的性质称为“电荷”，而其电的性质大小称为“电荷量”。电荷量的符号为Q、单位用C（库仑）表示。库仑是用法国电学家库仑[1]的名字命名的。此外，1个电子所具备的电荷量为自然界中存在的最小电荷量（图1-4）。



◆ 图1-4 存在于自然界的最小电荷量

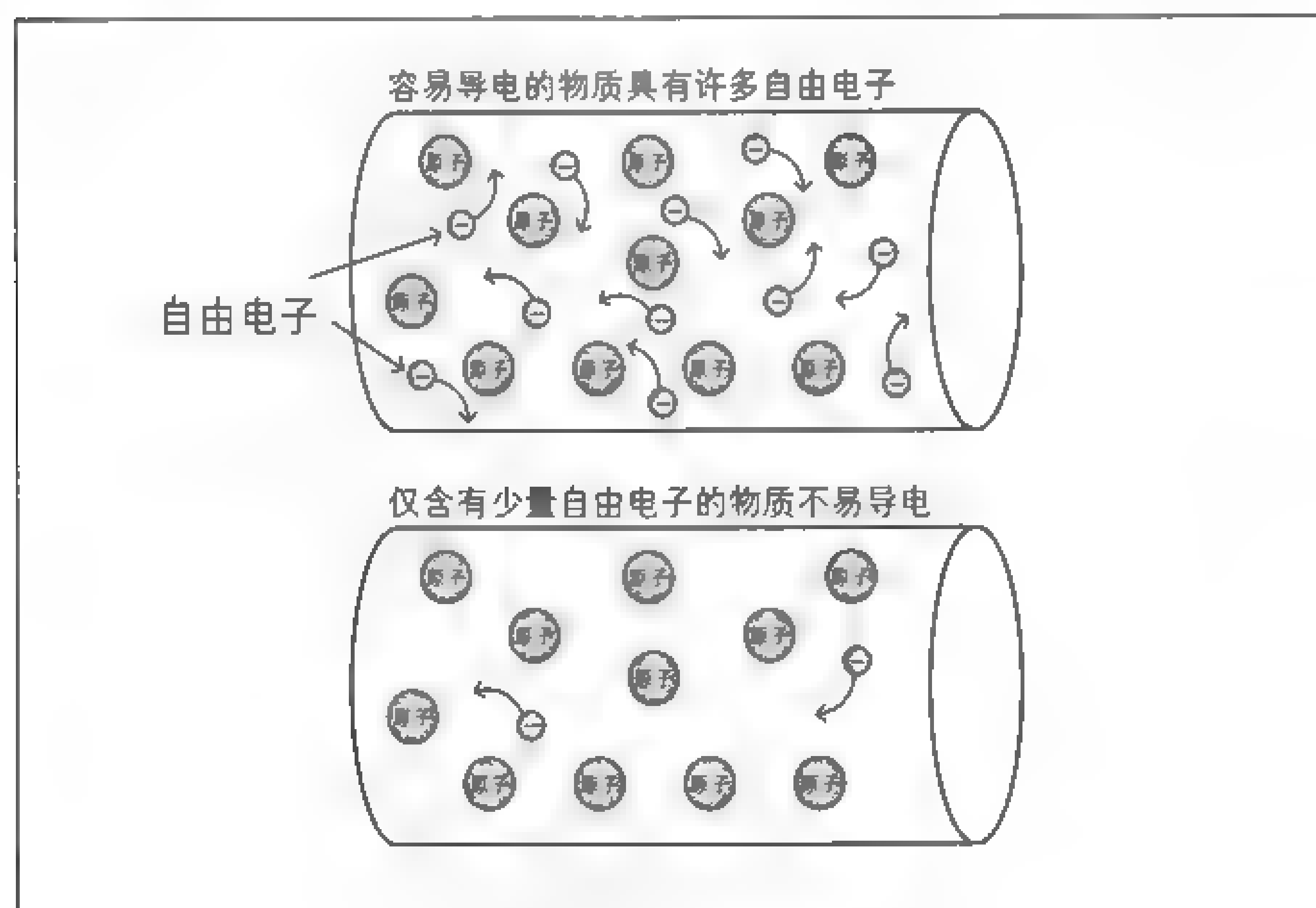
电子绕着原子核周围的轨道运转。离原子核最远的电子由于受到来自原子核的引力较弱，因此一旦受到外部施加的热或光等能源的影响，便有可能离开运行轨道。由离开轨道后的电子可在原子之间自由移动，因此被称为“自由电子”。铜之类的导电物质中存在许多自由电子，因此施加电压后，自由电子便会往某一方向流动。这就是电在电线内流动的情况（图1-5）。

1. 库仑：查尔斯·奥古斯丁库仑（Charles Augustin Coulomb，1736–1806），法国人。1785年他通过扭秤实验总结出了库仑定律，即描述静止点电荷之间的相互作用力的规律。



◆ 图1-5 电子的游离

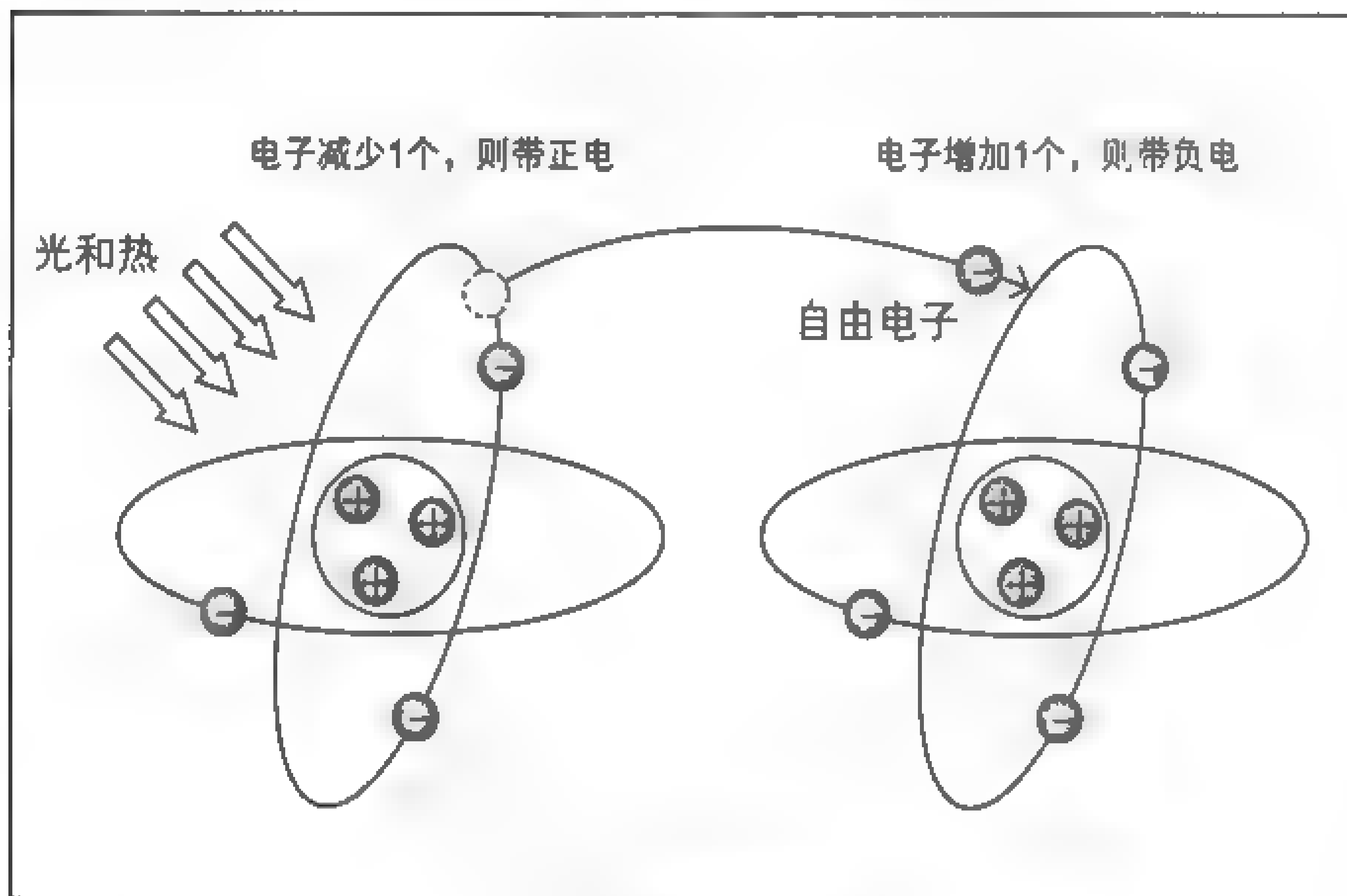
原子中的电子数与质子数相等。许多原子带有大量电子，然而这并不说明这些物质必为导体，只有像某些金属那样，自由电子多的物质才易于导电（图1-6）。



◆ 图1-6 容易导电的物质和自由电子

静电和带电

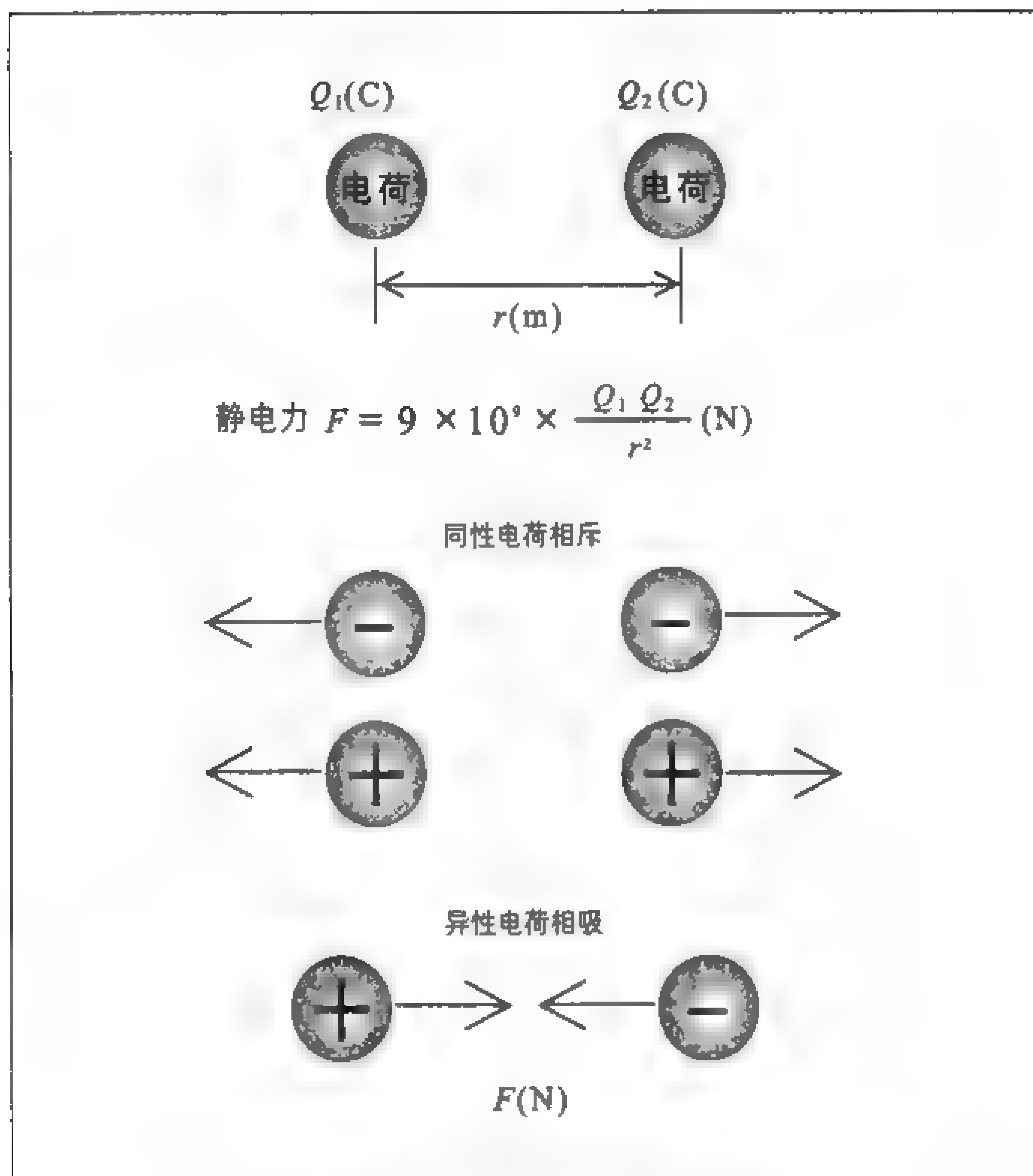
两种相异的物质互相摩擦后，原子会互相碰撞，而产生由一方的原子释放出游离电子，移动到另一方的原子的状况。此时，电子减少的物质就表现为带电，而电子增加的物质就表现为带负电。诸如此类，物质带有电，称为“带电”（图1-7）。由于物质所带的电呈静止状态，因此称为“静电”。因带电而产生的正电荷量和产生的负电荷量必然相等。由于静电是因摩擦而产生的，因此也称为“摩擦电”。



◆ 图1-7 电子的移动和带电

静电力

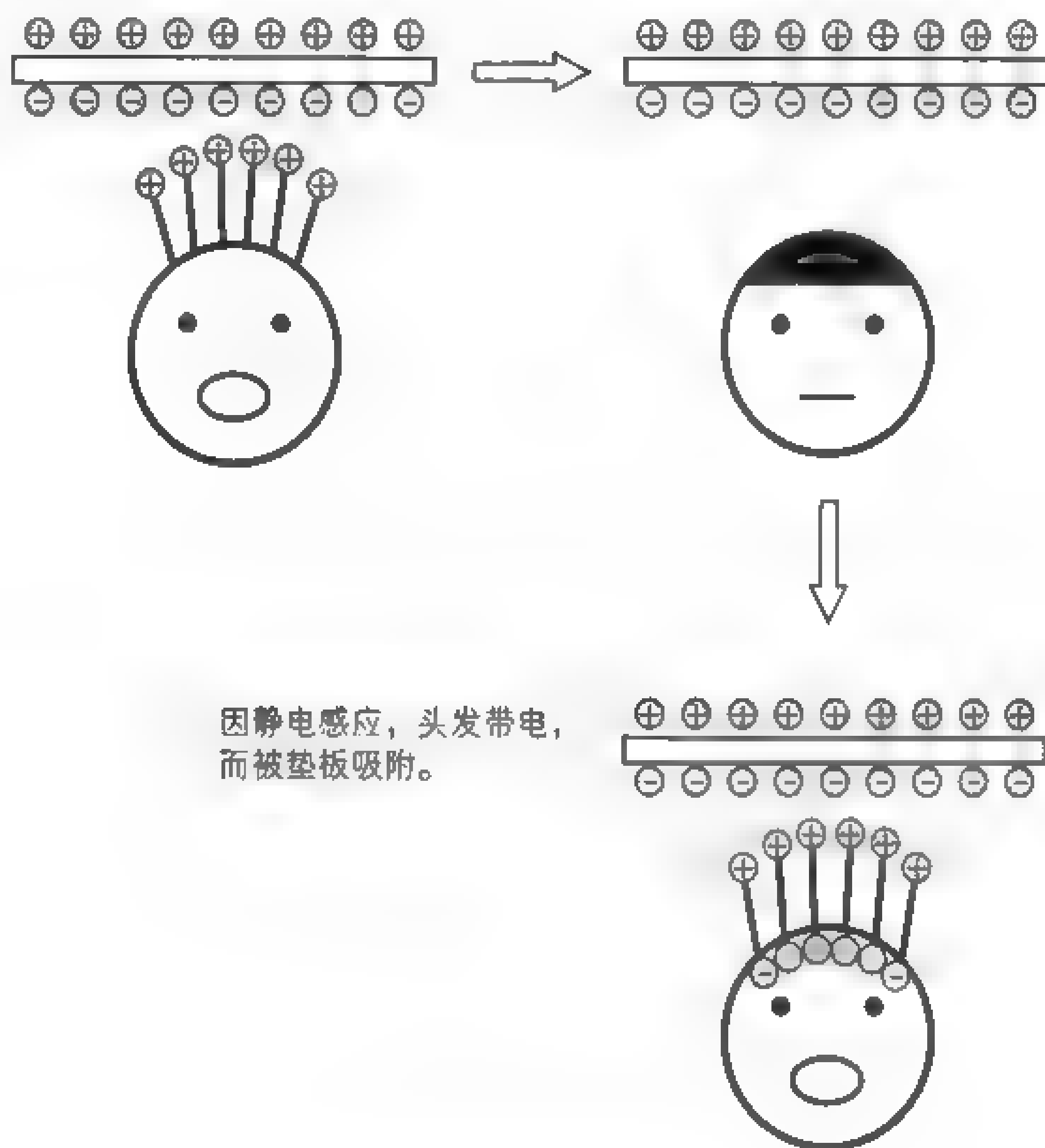
两个电荷间存在着静电力(库仑力)。若静电力为同性电荷，则会相斥；若是异性电荷，则会相吸（图1-8）。在电荷Q_1(C)、Q_2(C)之间运作的静电力F的大小，和Q_1、Q_2的乘积成正比，和电荷间的距离r(m)的平方成反比。这就是静电的库仑定律。



◆ 图1-8 于电荷间作用的静电力和库仑定律

头发和塑胶垫板互相摩擦产生静电后，头发带正电，垫板带负电，且因静电力的作用，头发被垫板吸起。

此外，若将带负电的垫板靠近不带电的头发，则头发会带正电而受垫板吸附。如此，因靠近带电的物体而使原先不带电的物体变为带电的现象，称为“静电效应”(图1-9)。

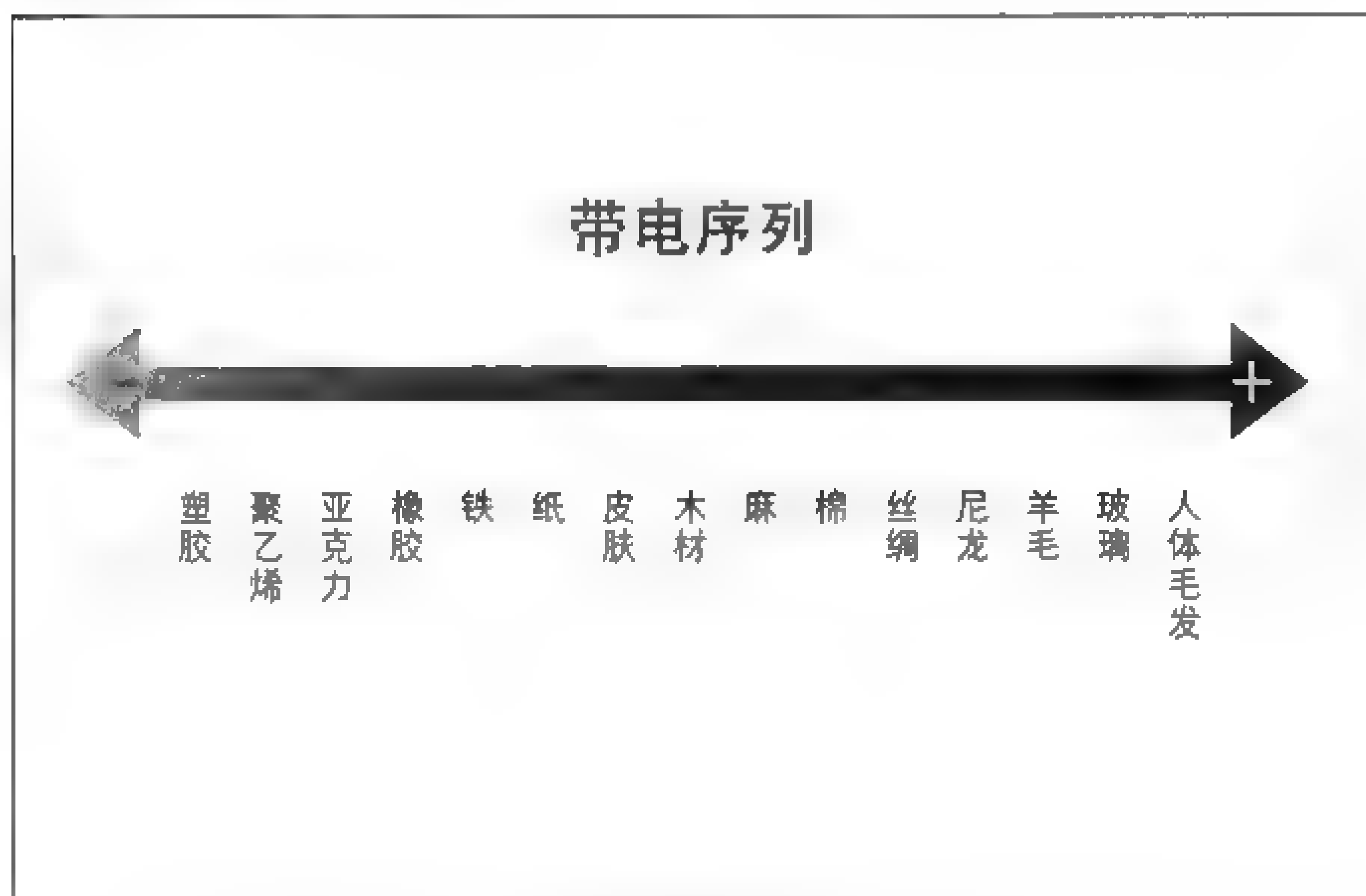


◆ 图1-9 静电感应示意图

静电和带电序列

空气越干燥越容易产生静电。此外，衣物中有较易带电的，也有较不易带电的。由于吸水性佳的丝比化学纤维含较多水分，可减少静电产生的机会。

因摩擦而产生的正负极性，依摩擦对象的不同有所改变，将此关系加以表示者称为“带电序列”。例如，若头发和棉摩擦时，头发会带正电，棉带负电；但若棉和塑胶摩擦，棉会带正电，塑胶会带负电（图1-10）。另外，摩擦物体表面状态不同，带电特性也有可能改变。



◆ 图1-10 带电序列

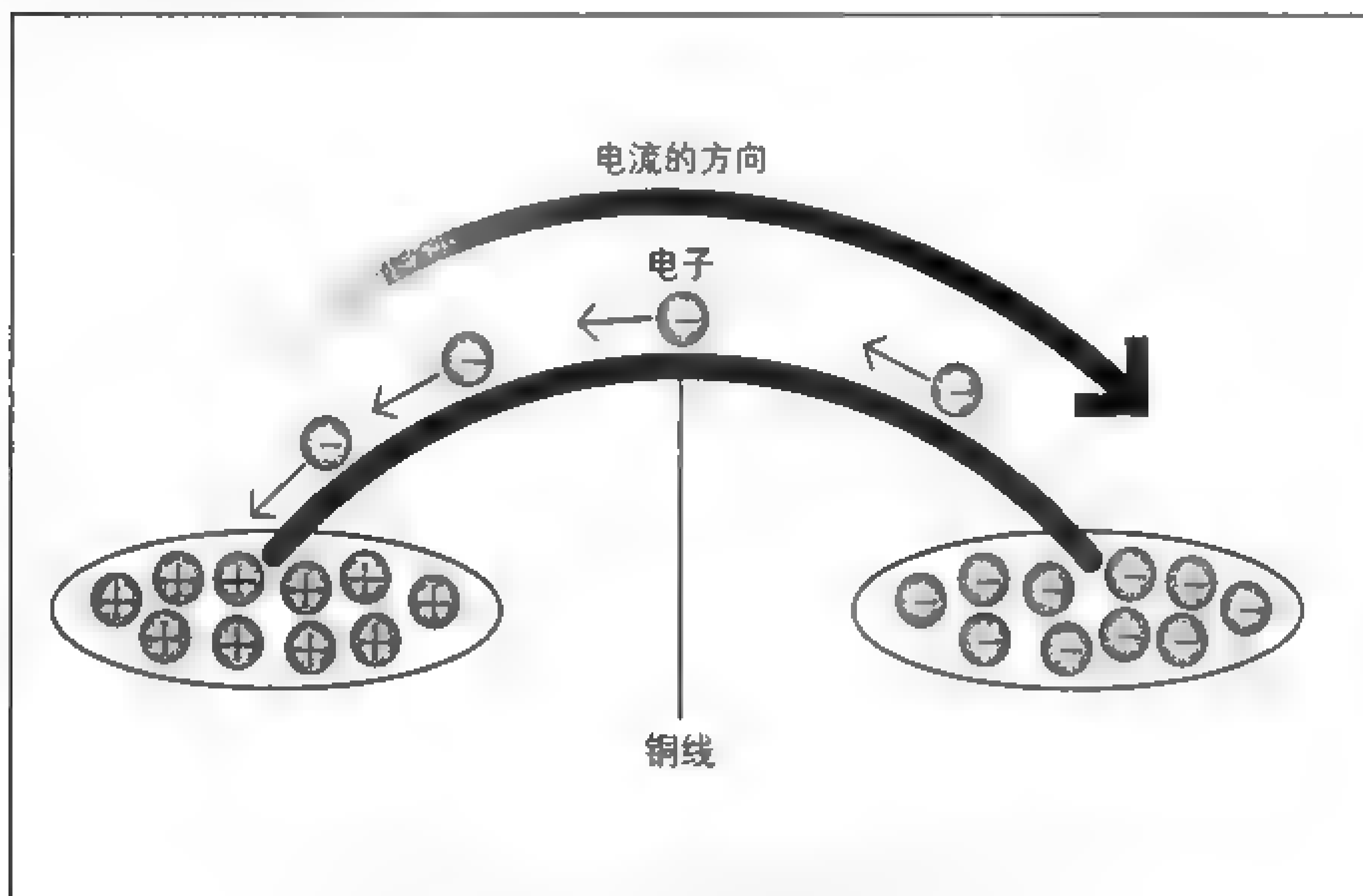
带电序列上两种物质的位置关系越远，相互摩擦时越容易产生静电，反之，距离越近则越不易产生静电。换句话说，若穿着在带电序列上和皮肤的位置接近的材质所制成的服装，则可抑制静电的产生。

电荷的移动及电流的方向

夏天经常发生的打雷现象也是静电的产物。雷是由云层中冰雹或冰块互相摩擦产生静电，而朝向地面或云之间放电的现象。由于正电荷和负电荷之间具有雷不易通过的绝缘体——空气，因此雷不会轻易放电 。

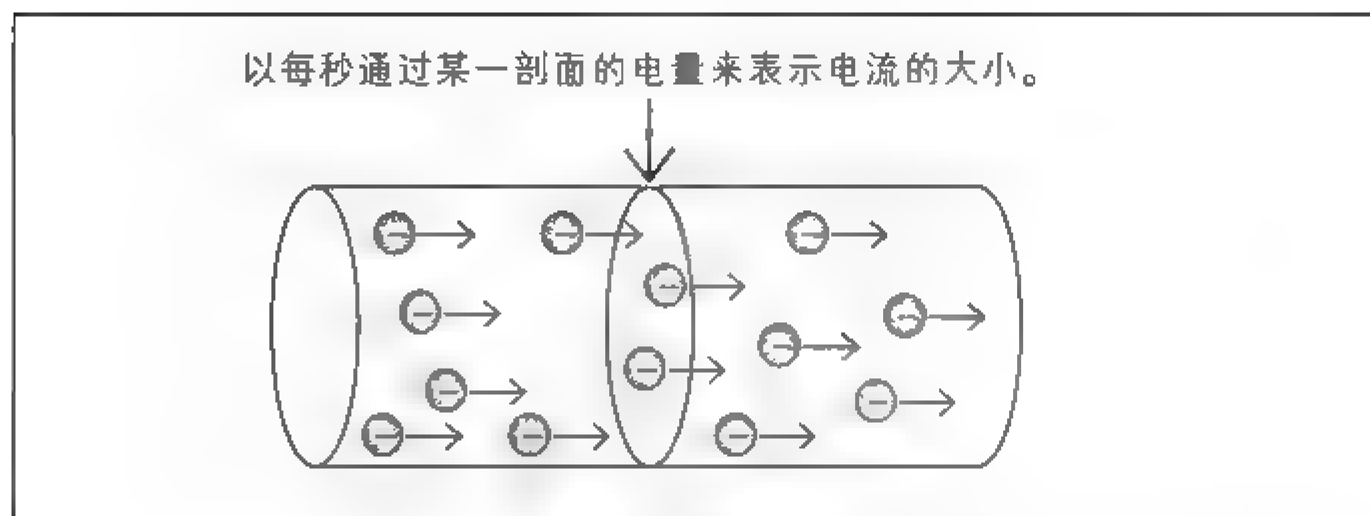
但是，当蓄积大量电荷，正电荷的电位差变得非常大时，会瞬间破坏空气的绝缘状态而放电。放电为电荷连续移动的现象，因此称为"电流"。

从前，人们对电的知识了解甚少的时候，人们以为电是由正向负流动。随后，人们才发现电原来是电子，且其移动方向为由负至正。因此可知，电子移动的方向和电流的流向是相反的（图1-11）。



◆ 图1-11 电流的方向和电子的移动方向

以某剖面1秒钟内通过的电量来表示电流的大小（图1-12）。



◆ 图1-12 电流的大小

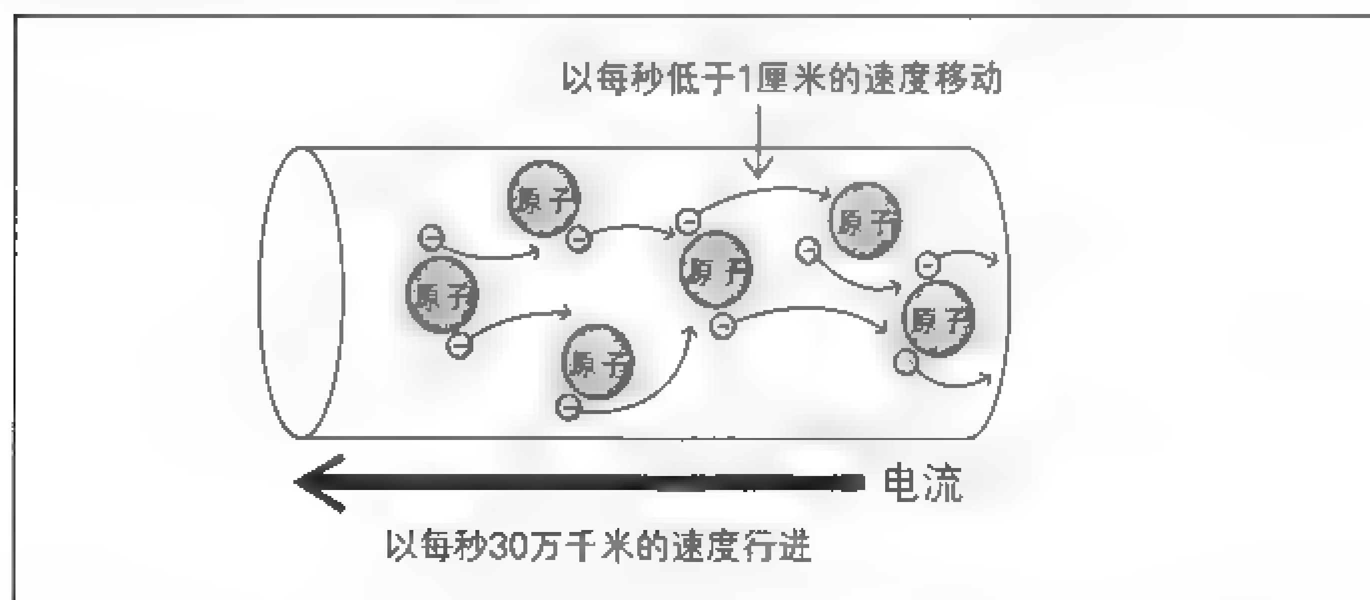
例如，每秒通过某一剖面1C的电荷时，电流I可由电荷Q除以时间来求得。如下式，

电流$I=\frac{Q}{t}$=1〔C〕÷1秒=1〔A〕

此外，若将1C除以1个电子的电荷量（1.602×10^{-19}C），则可求出在1A中流动的电子数，即

1C÷1.602×10^{-19}C=6.24×10^{18}个

即，1A的电流流动时，每秒有6.24×1018个电子在流动。电子移动的速度非常慢，为每秒移动低于1cm。然而，电子传达至相邻电子的速度与光速相同为每秒30万千米。因此，电流以和光速相当的速度在以每秒30万千米的速度行进着（图1-13）。



◆ 图1-13 电子的速度和电流的速度

我们虽然看不到电，但一旦电流流动，就会产生热或光。因此我们看到电流发生的现象，便可知道电的存在。

SI词头

我们可将1000W表示为1kW。这是由于k表示1000或是10^3。这类标记是依据国际单位制（SI）词头所制定的。国际单位制词头表示单位的倍数和分数，大多数是千的倍数或分数。

◆ 表1-1 与电相关的SI词头

符 号	中 文	原 文	量
T	太[拉]	Tera	10^{12} =1000 000 000 000
G	吉[咖]	Giga	10^{9} =1000 000 000
M	兆	Mega	10^{6} =1000 000
k	千	Kllo	10^{3} =1000
m	毫	Milli	10^{-3} =0.001
μ	微	Micro	10^{-6} =0.000 001
n	纳[诺]	Nano	10^{-9} =0 000 000 001
p	皮[可]	Pico	10^{-12} =0 000 000 000 001

第2章
电路是什么



1.常见电器的电路

谢谢你送我衣服。

没什么啦！因为我觉得这身穿那么特别，有点

许多在这里生活的电那人还是过着跟以前一样的生活呀！

是喔?!

有很特别吗?

是呀！你看！原宿就聚集了很多……

…



我回来了！



奇怪，电灯怎么不亮了？
对，是有点怪怪的。

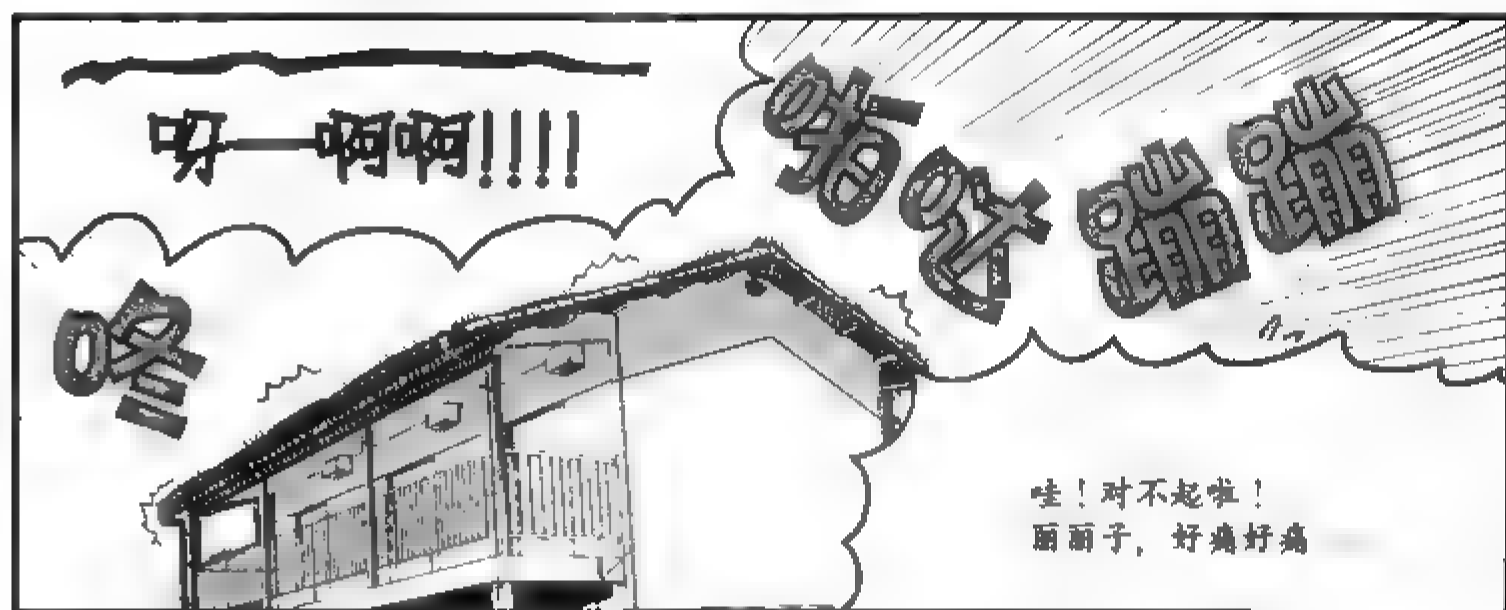


哎呀！
平时看似善良小光老师，一旦和年纪相近的女子同处一个屋檐下，他也有可能变身成色狼的……



丽丽子？
吓一跳
什、什么……











1 电路 Electrical Circuit。

手电筒与电路

手电筒的内部构造大概是这样的。

原来构造非常简单呀！

手电筒由干电池、电灯泡和开关等元器件所组成。

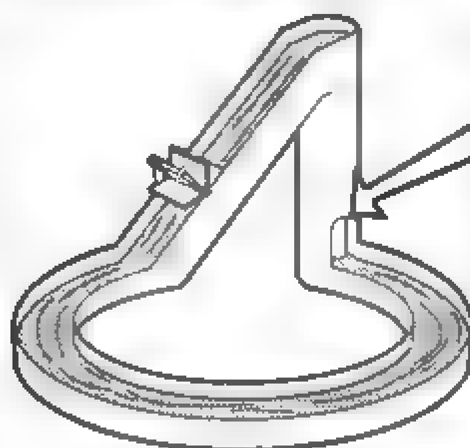
开 关

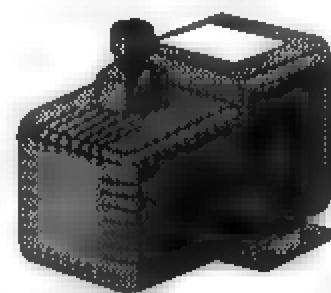
电灯泡

干电池

哇——

干电池为送出电的压力，即电压的元器件。

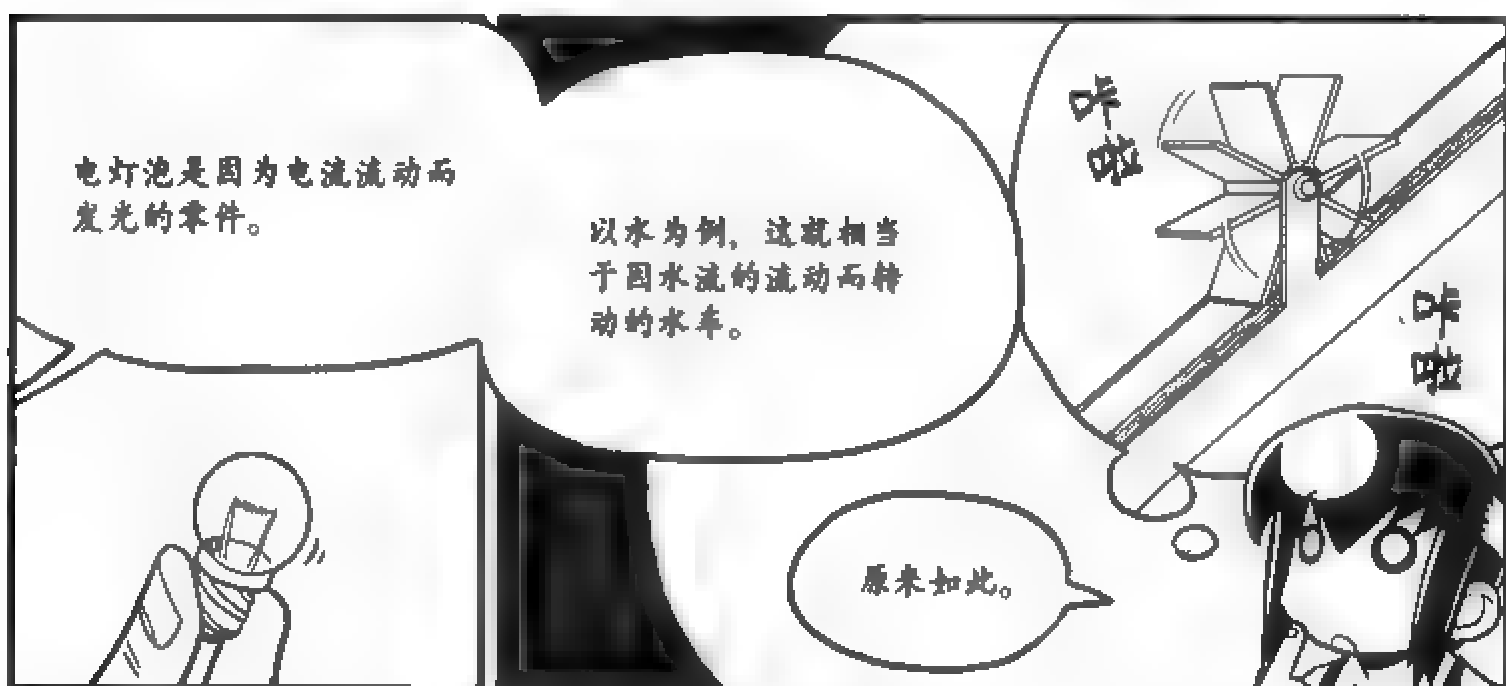




水泵
‖
干电池

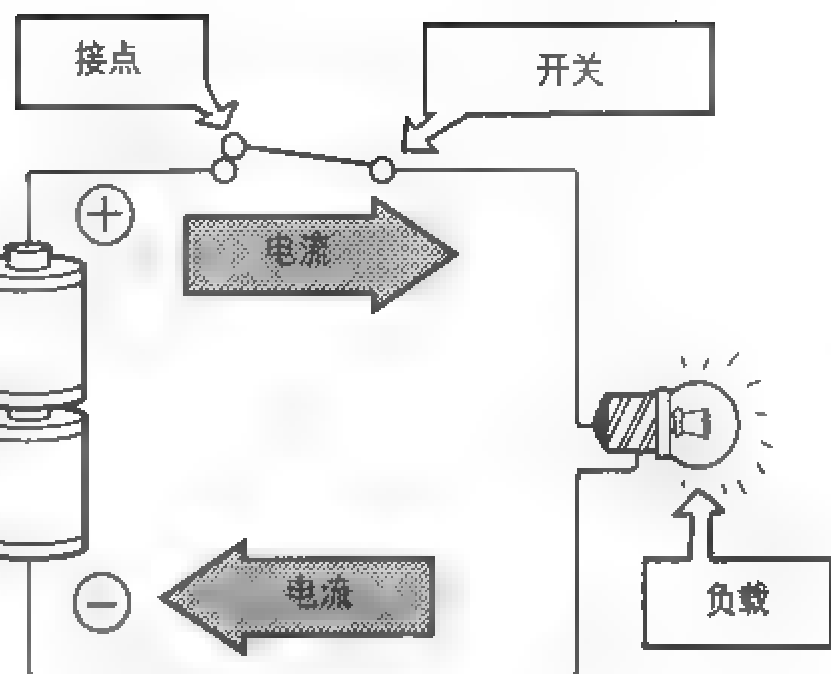
以水为例，它相当于汲取下游水源的水泵。


就像抽水后使水运转，干电池也是让电运转吧！
拔开
没错，
在电路中就称为“电源”。


电灯泡是因为电流流动而发光的零件。
以水为例，这就相当于因水流的流动而转动的水车。
咔啦
咔啦
原来如此。


开关“接点”是使电流动及停止的零件。
接点的作用是让金属相互接触从而使得电流流通。
ON
OFF
这很容易想到呀。

打开开关后，电流会由干电池的正极流出，通过电灯泡及开关后，再回到负极。



电流流过的回路叫做电路，而且必须为闭合形式（闭合电路）。

电路的构成要素

电源所具备的电压称为“电源电压”或是“启动力”。

那么以手电筒来看，电灯泡即为负载吧！

负载

没错。

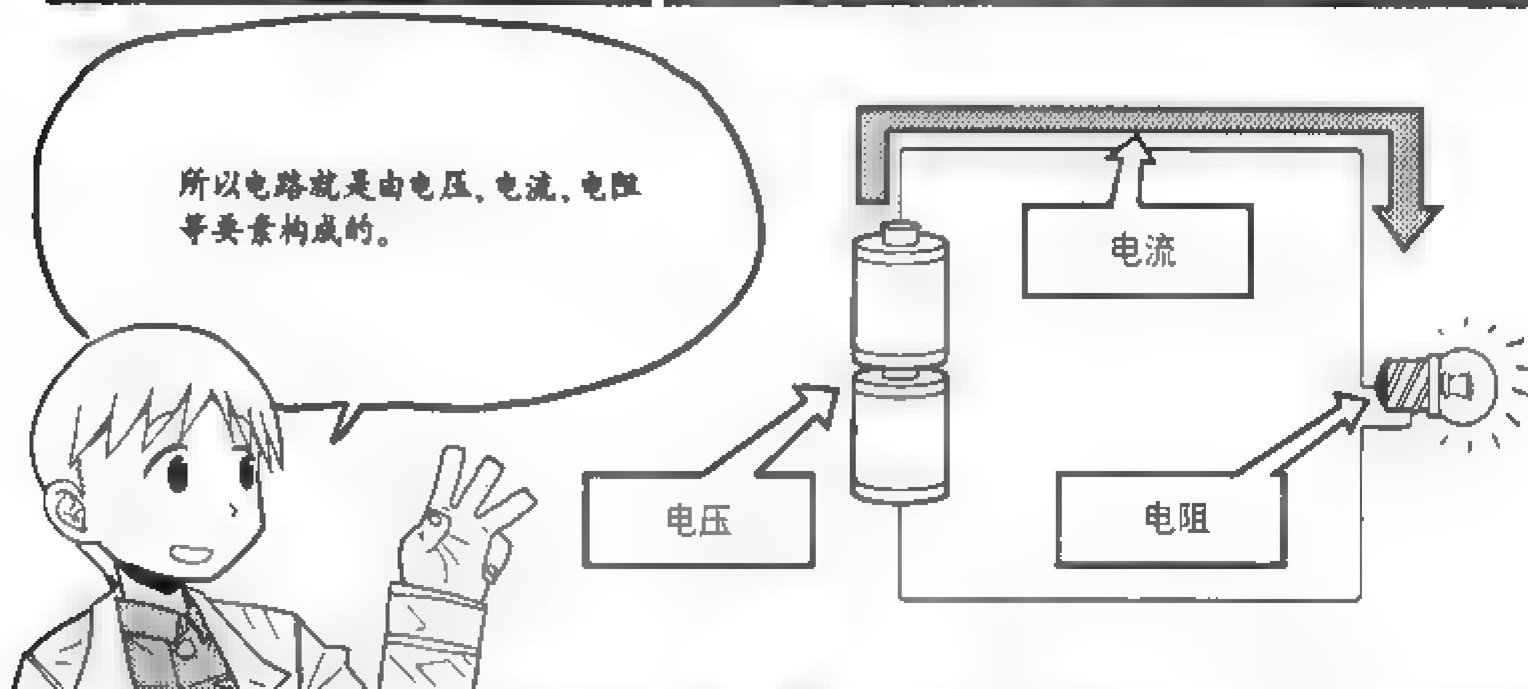
负载的功能是把电能转变成光能或热能等其他形式的能，也可称为用电器。

此外，负载具有妨碍电流流通的性质，因此也可以称为“电阻[1]”或“阻抗[2]”。

1 电阻: Electric Resistance。 2 阻抗: Impedance。





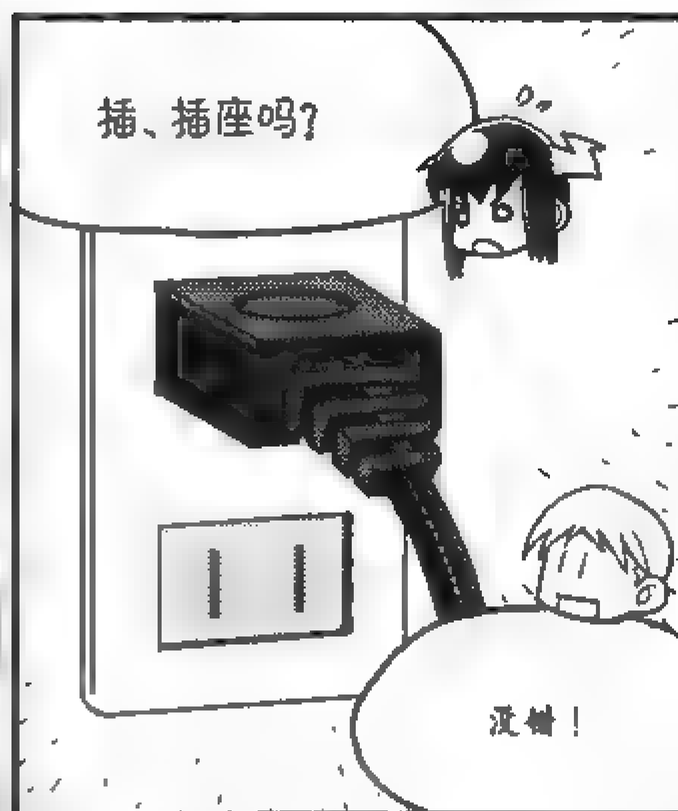




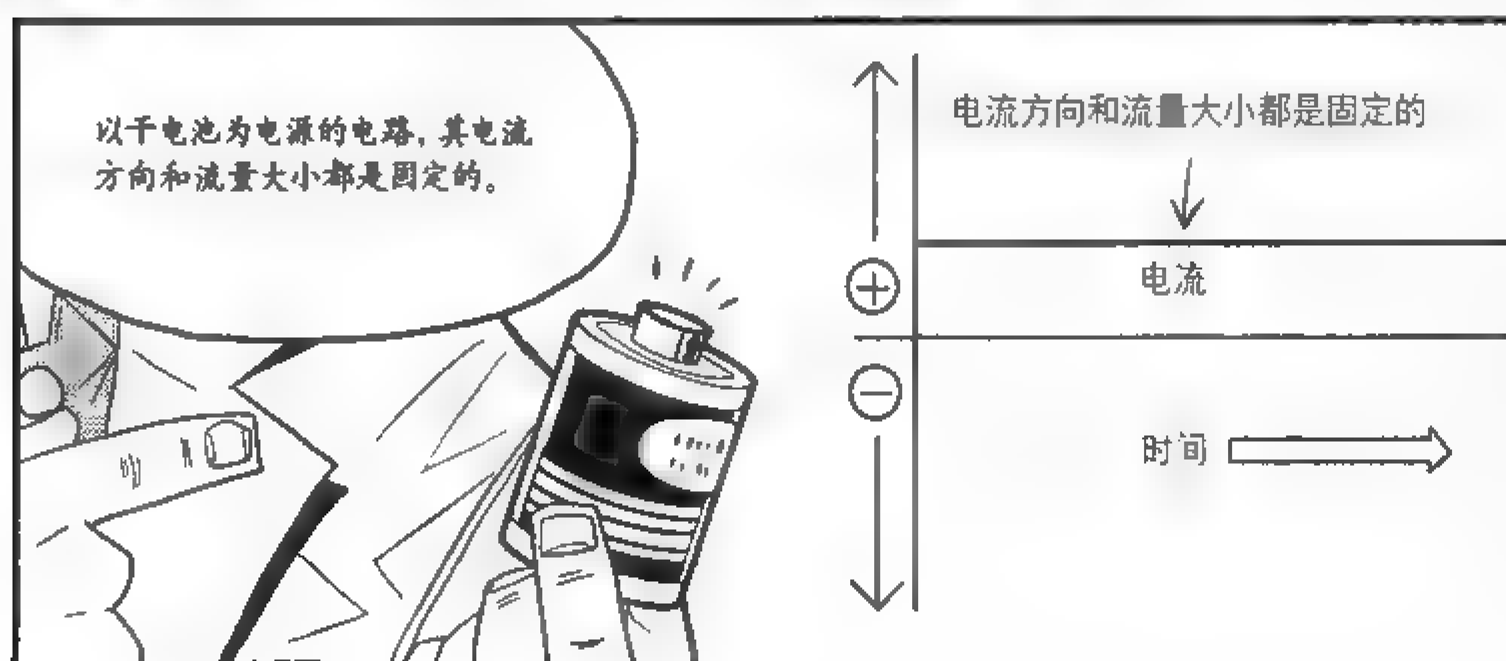


1 欧姆，Ohm，其命名是来自于德国的物理学家格乔治·西蒙·欧姆（Georg Simon Ohm，1789~1854），他发现了电流和电压与电阻之间的关系。


如果说到干电池以外的电源，你会马上想到什么呢？
咦？
嗯


插、插座吗？
没错！

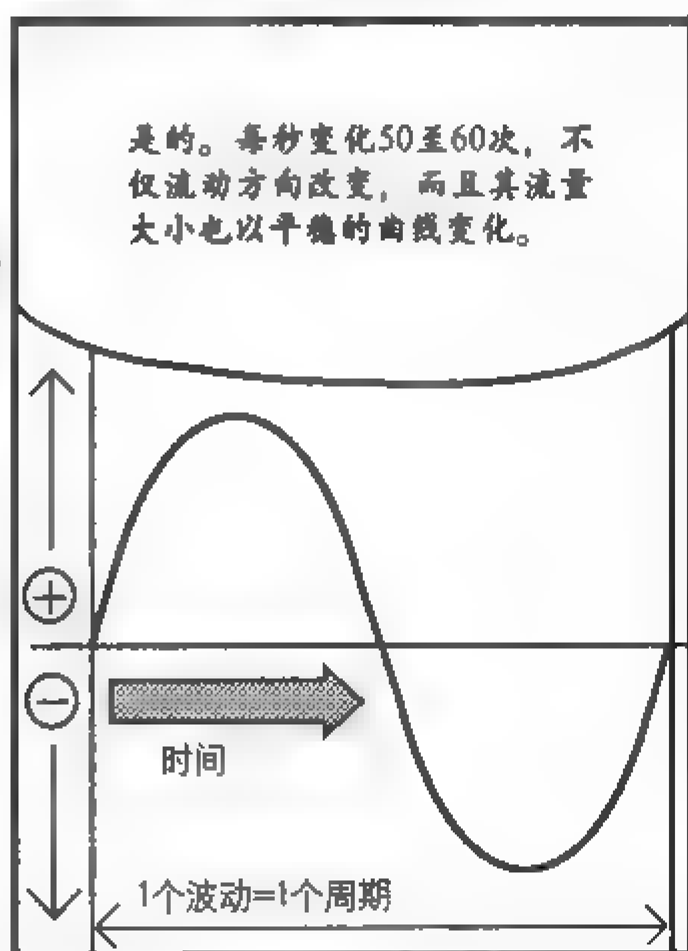

但事实上，干电池的电的流动方向和插座不同。
这不是插座而是插头。


以干电池为电源的电路，其电流方向和流量大小都是固定的。
电流方向和流量大小都是固定的
电流
时间


这种流向和流量大小都固定的电称为“直流”，直流电流所流通的回路就称为“直流回路”。
干电池是送出直流电吧！
直流

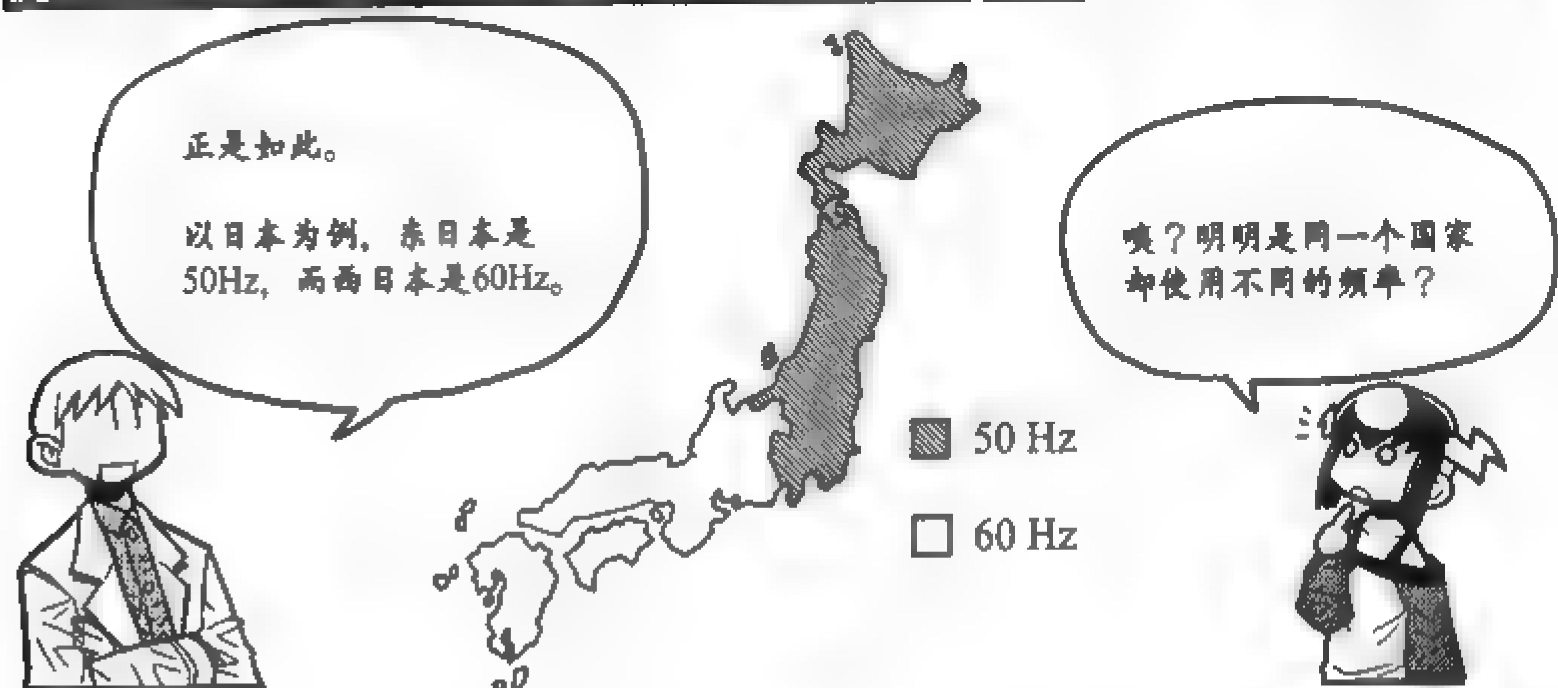

没错，而这类的电源就称为“直流电源”。
插座的电源不是直流的吧？

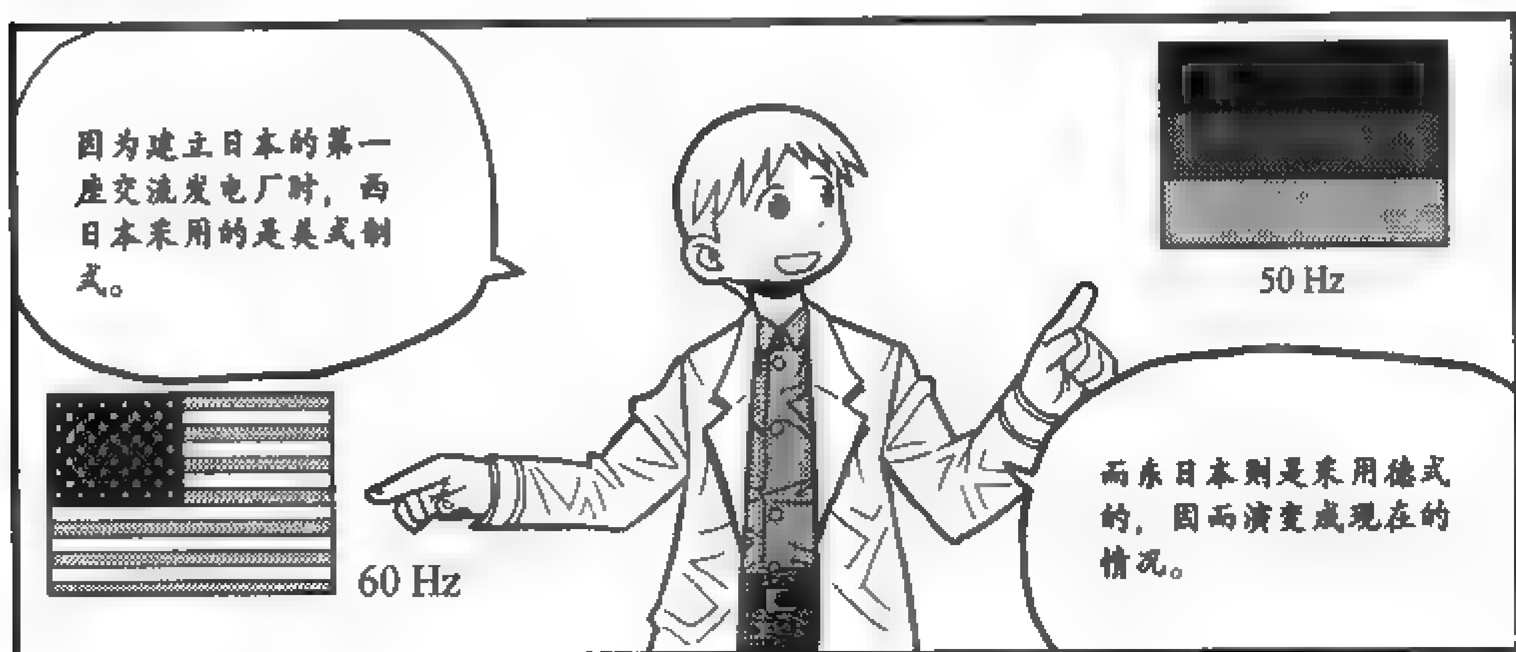

插座的电流方向时常在改变，因此为“交流”。
流动方向会改变吗？


是的。每秒变化50至60次，不仅流动方向改变，而且其流量大小也以平稳的曲线变化。
时间
1个波动=1个周期


1秒内重复的波数称为“频率”，符号为f，单位为“Hz(赫兹)”。
符号
f
单位
Hz


那么流动方向改变50次就是50Hz，若改变60次就是60Hz吗？


正是如此。
以日本为例，东日本是50Hz，而西日本是60Hz。
50 Hz
60 Hz
咦？明明是同一个国家却使用不同的频率？


因为建立日本的第一座交流发电厂时，西日本采用的是美式制式。
50 Hz
60 Hz
而东日本则是采用德式的，因而演变成现在的情况。

顺道一提，触电时，若电源为交流电则会让人感到麻痹，

哇啊……

麻

麻

这是由于电流的大小和方向的改变所造成的。

若为直流电，则会感到如针扎般的疼痛。

啪

唉呀!

哇!原来直流电和交流电触电的感觉不同呀！真有趣！

啪

试试看，敌人的电棒是直流电呢还是交流电呢？

你何不亲自尝试一下看看？丽丽子碰下。

伸

啊……
小光老师您先请吧!

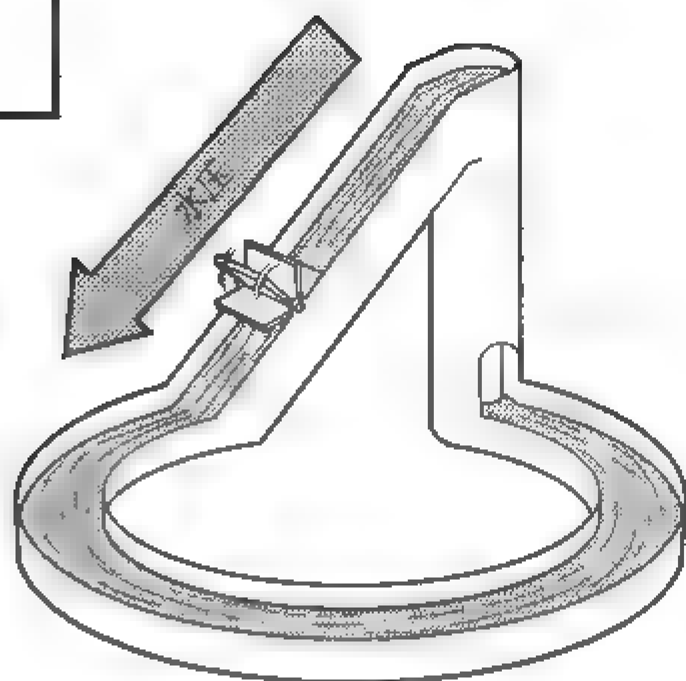
喂！

滋

滋

2.欧姆定律和电路的连接方法

如同水压越高水势越强，水车运转更快速一样，



电压越高，则电流流量越大，可执行更重要的工作。

如果这座水车很大，则会阻碍水的流动，因此每秒流过的水量会减少，对吧？

滋

是呀！

噢

跟水车的原理一样，若电阻越大，则电流越小。

电阻(小)

电流(大)

电阻(大)

电流(小)

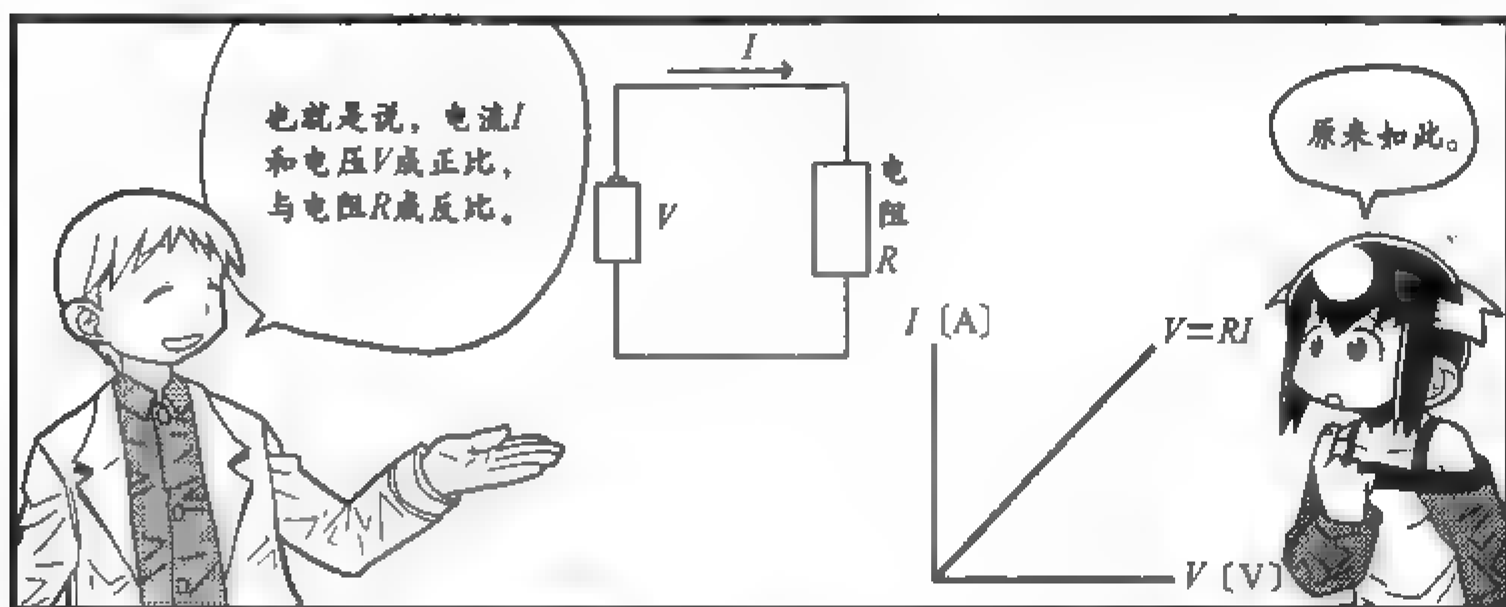
原来如此！

电也是按照某个定律流动的哦！

?

什么定律啊？





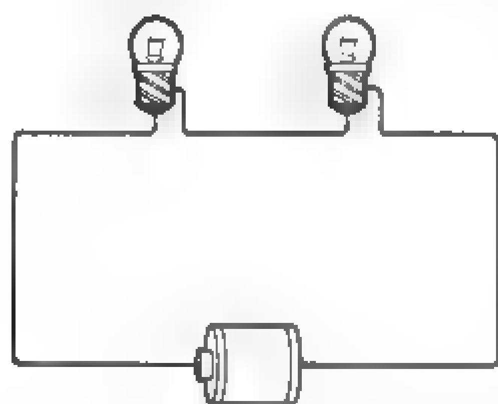


1 欧姆定律：Ohm's Law。

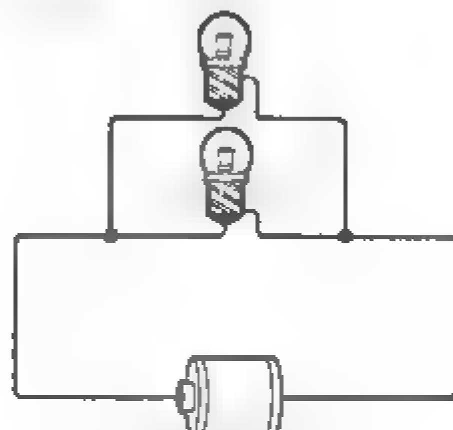
串联和并联

电路的连接方式大致分为两种。

哪两种呢？



第一种是将两个电阻直线连接的"串联[1]"。

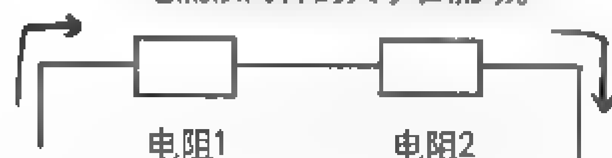


第二种是将两个电阻并列连接的"并联[2]"。

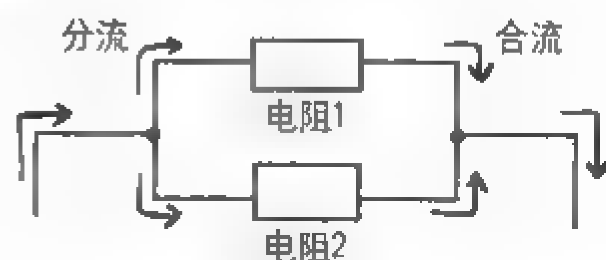
这两种连接方式有什么区别呢？

电流的流动方式及电压的施加方式不同。

串 联	并 联
电流以同样的大小在流动。	

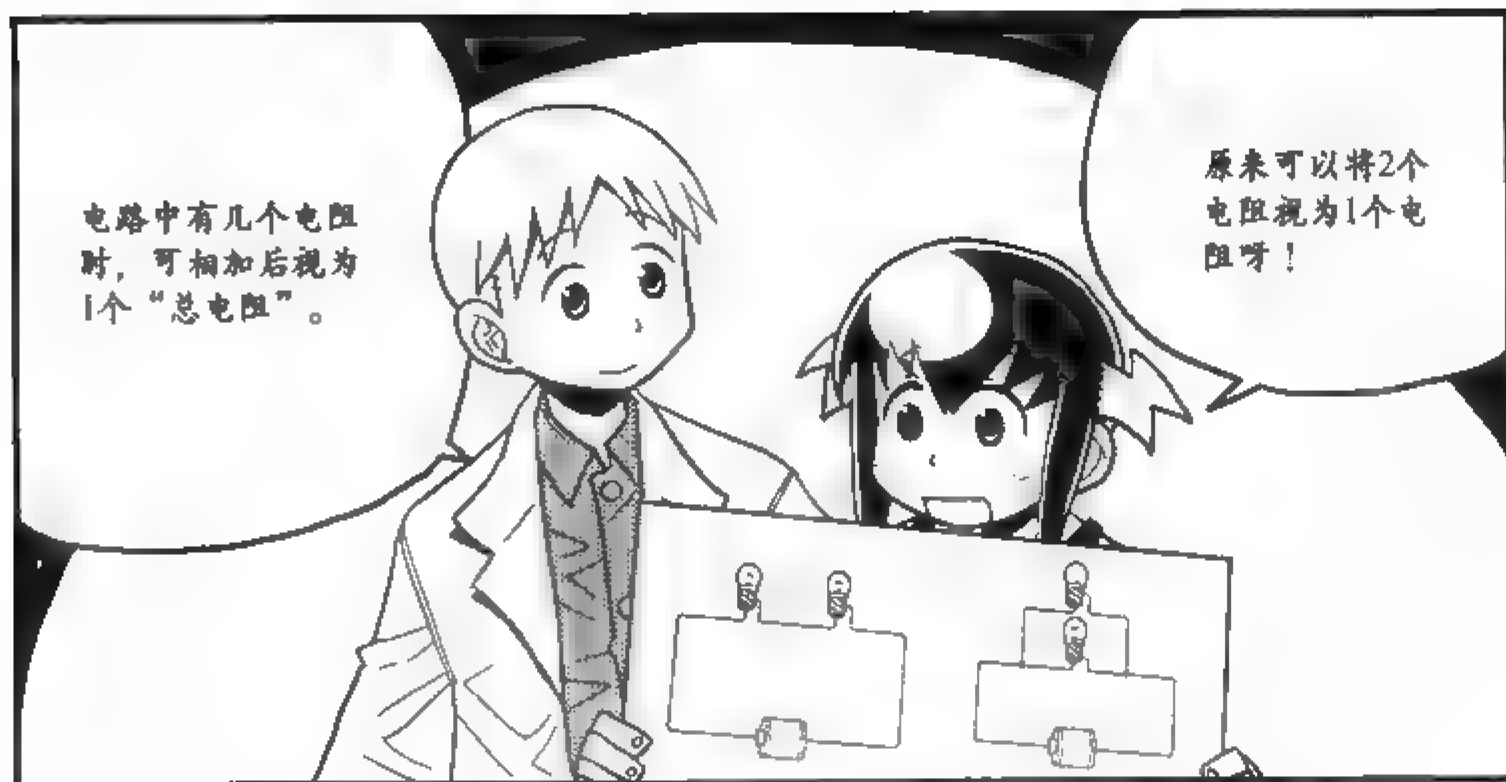


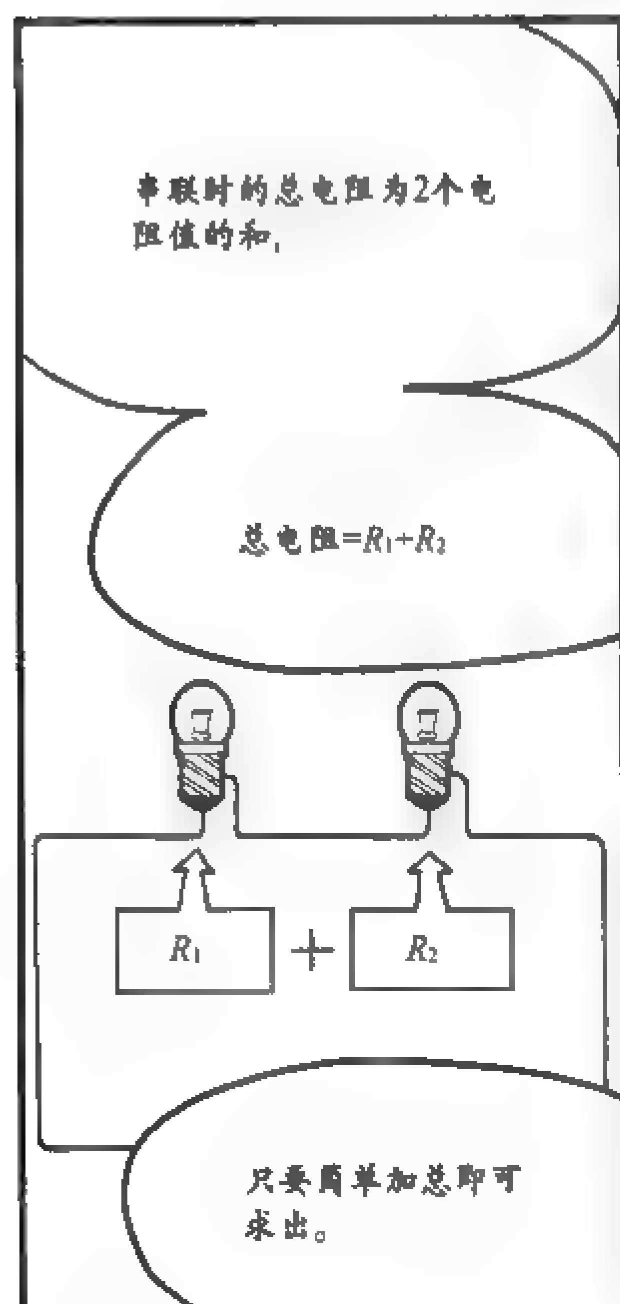
电源的电流=电阻1的电流=电阻2的电流
电源的电压=电阻1的电压+电阻2的电压



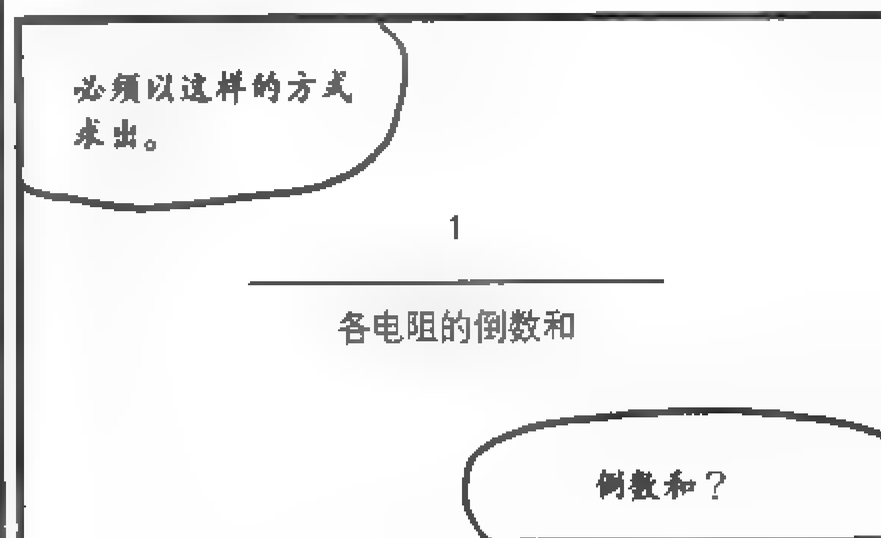
电源的电流=电阻1的电流+电阻2的电流
电源的电压=电阻1的电压 电阻2的电压

1. 串联：Series Connection。 2. 并联：Parallel Connection。





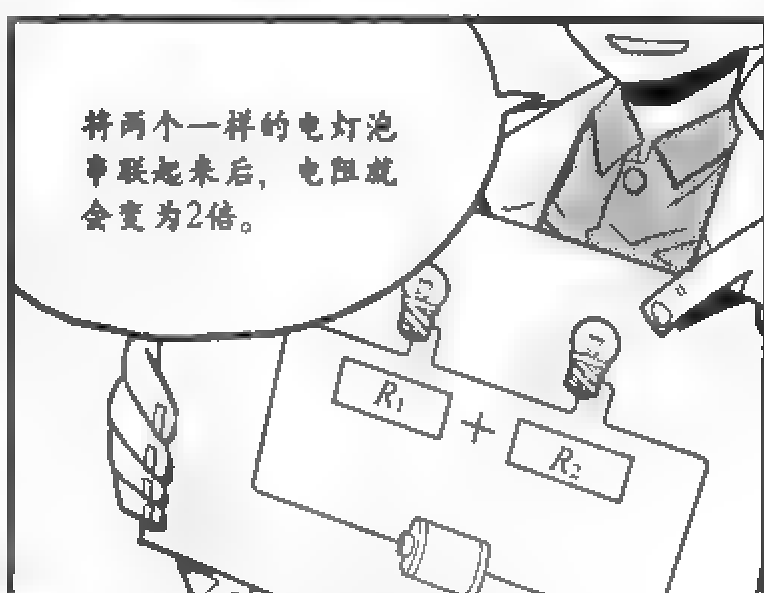




$$\frac{1}{\text{各电阻的倒数和}}$$


若以具体式子表示，
则总电阻＝$\frac{1}{(\frac{1}{R}+\frac{1}{R_2})}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}$
也就是（各分电阻倒数和之倒数）。
烧
烧
嗯——
确实蛮复杂的。

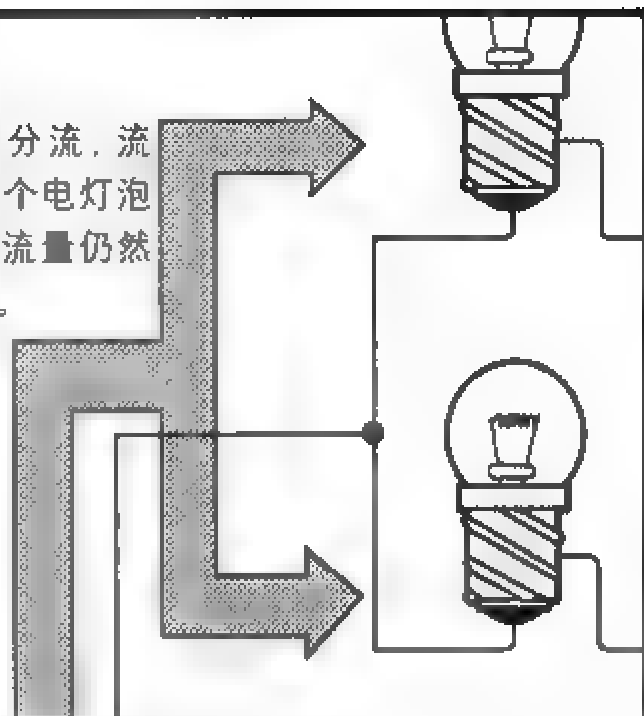

暂且先有个概念就好了。
摸
是！


将两个一样的电灯泡串联起来后，电阻就会变为2倍。
R_1
+
R_2


1个
亮——
2个
暗——
如此一来，电流就会减半，此时灯泡亮度显然比较暗。


若想与仅连接1个电灯泡时一样明亮，则必须要提供两倍的电源电压。
咔

将它们并联后，对每个电灯泡施加相等的电压，这样就有等量的电流通过，电灯的明亮度虽然不变，但总的用电量却加倍了。

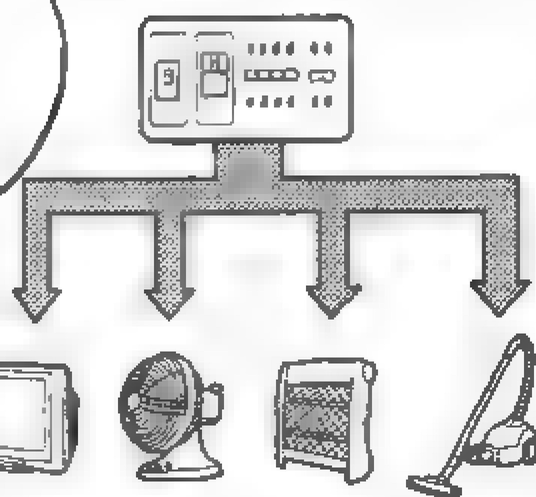


也就是需要有2倍电流的电源。

特征都不同呢！

家用电器中也有电阻在起作用，而它们和断路器的100V电源是以并联方式连接的。

因此无论哪个电器产品都使用的是100V的电压。

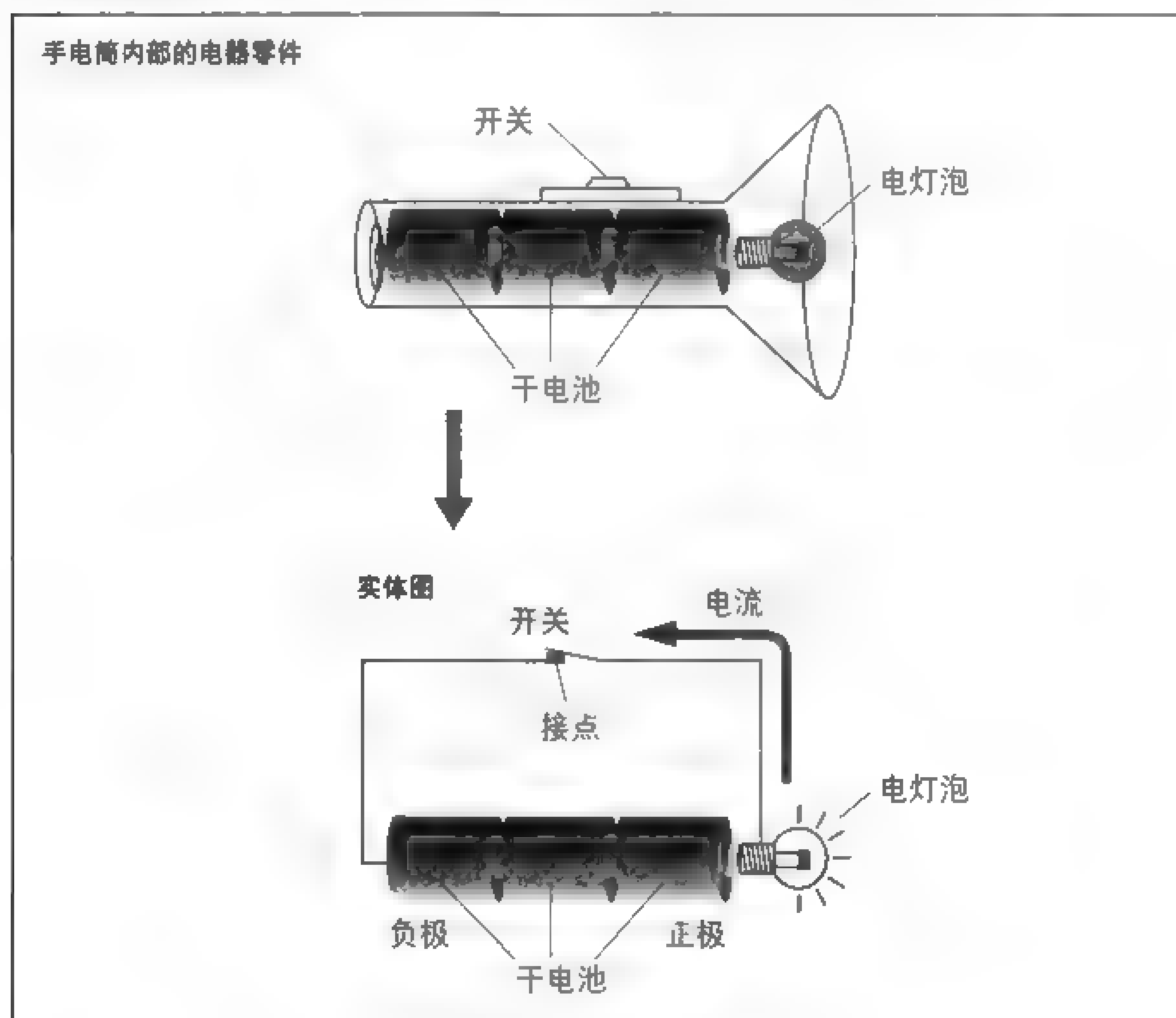


懂了！

电路和电流

构成手电筒的电器零件有干电池、电灯泡及开关。干电池具有输电的功能，一般被称为“电源”。电灯泡为电流流通而产生光的零件。开关则是利用接点的开闭而控制电流通或断的零件（图2-1）。

打开开关后，电流会由干电池的正极流出，经由电灯泡、开关，再回到负极。像这样电流流通的路径，就称为“电路”，而且必须为闭合形态的“闭电路”。



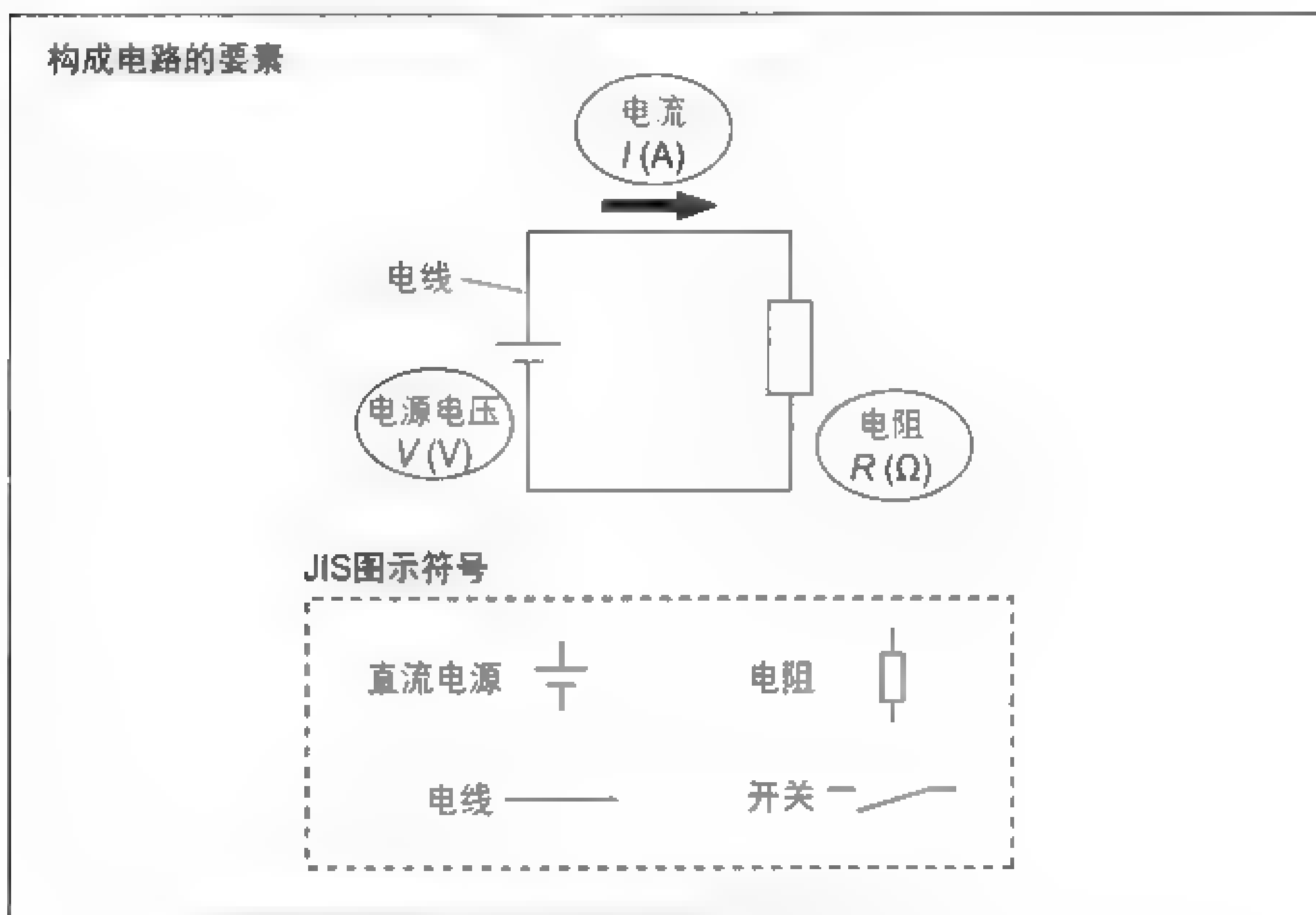
◆ 图2-1 手电筒的电路

电路和JIS图示符号

电路由电源电压、电流及电阻这三个要素构成，而这些要素又是由电线连接起来的。

执行送电功能的电源电压也可称为启电力。电灯泡等负责将电流流动产生的电能转换为光能或热能的元器件称为“负载”。由于负载具有妨碍电流流动的性质，因此也被称为电阻。电阻的符号为R（Resistance），而单位为Ω（欧姆）。欧姆是以德国物理学家欧姆的名字命名的。

由于描述电路时，绘制实体图相当费时费力，我们一般采用JIS（日本工业规格：Japan Industrial Standard）所制定的图示符号来进行绘制。只要使用JIS图示符号，那么每个人都可以轻松地看懂他人所绘制的电路（图2-2）。



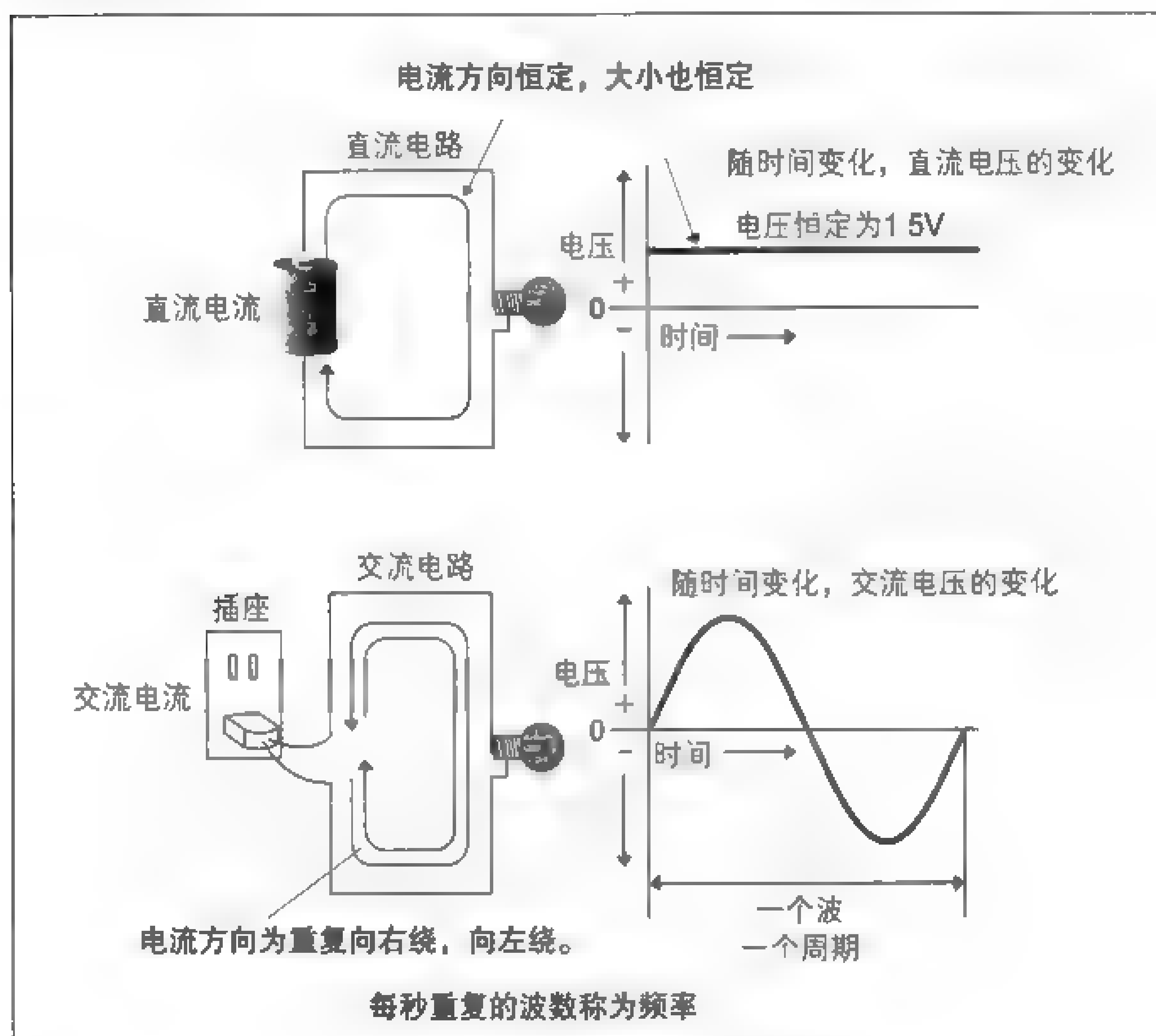
◆ 图2-2 电路和JIS图示符号

利用电阻进行工作的机器有电暖气、电烤箱等。这些机器上的电热器，便是电流流经电阻，使电能转换为热能的零件。此外，由于用于配线的电线也具有很小的电阻，因此电流流经电线，它也会发热。

直流电路和交流电路

以干电池为电源的电路，其电流方向一直不变，大小也固定。这类流动方向和大小固定的电流称为直流（DC: Direct Current），直流的电流回路称为直流电路[1]。此外，干电池这类送出直流电的电源就称为直流电源。1号干电池或3号干电池都是具有直流1.5V电源电压的产品。

另一方面，从电力公司送往千家万户的电，其流向及大小均呈周期性的变化。这类的电就称为交流（AC: Alternating Current），交流的电流回路称为交流电路[2]。

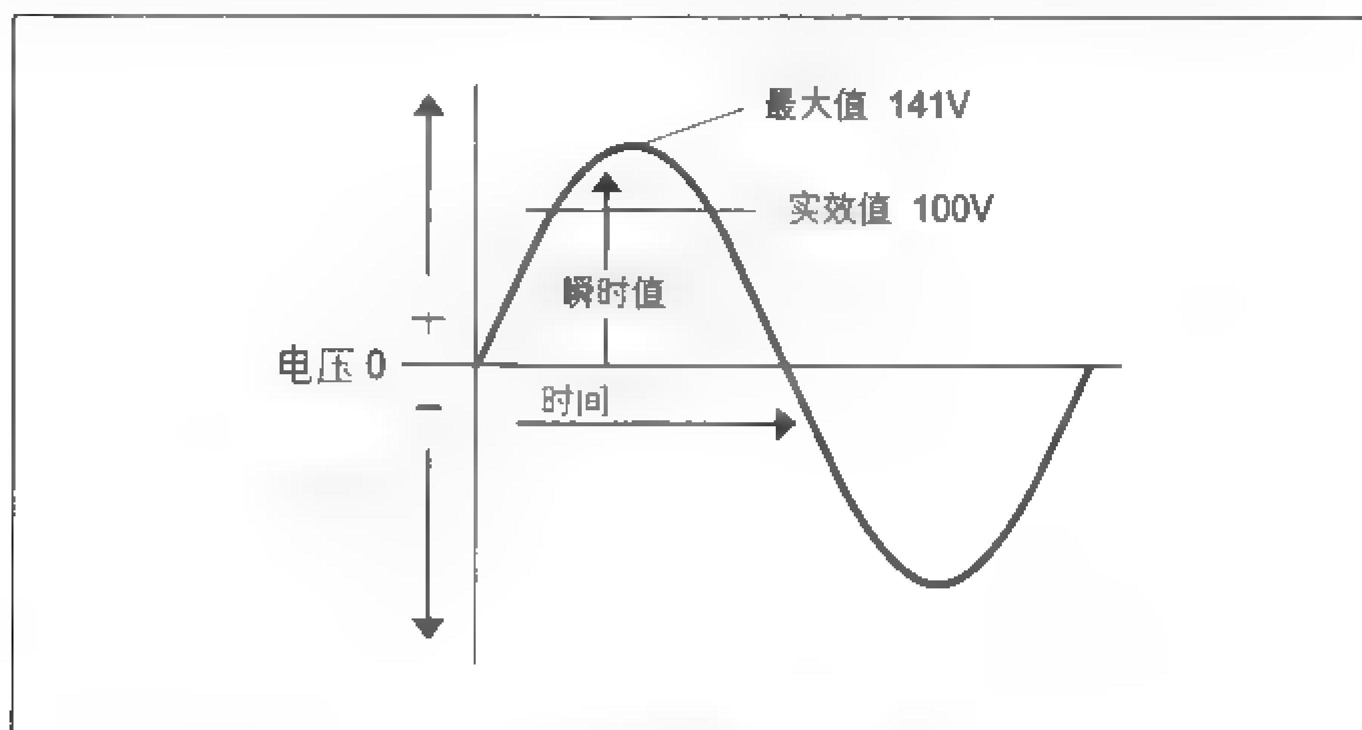


◆ 图2-3 直流和交流

1 直流电路：Direct Current Circuit。 2. 交流电路：Alternating Current Circuit。

这种电的流向每秒变动50至60次，其大小也随时间做周期性的变化。而每秒所重复的波数称为频率，符号为f（Frequency），单位为Hz（赫兹）。

某瞬间的交流电压的大小称为瞬时值，而瞬时值中最大者称为最大值。此外，和直流电压作用大小相同的交流电压的大小称为实效值。在日本，普通家庭的插座中的交流电压，一般为100V，这就是实效值。另外，最大值约为141V（图2-4）。

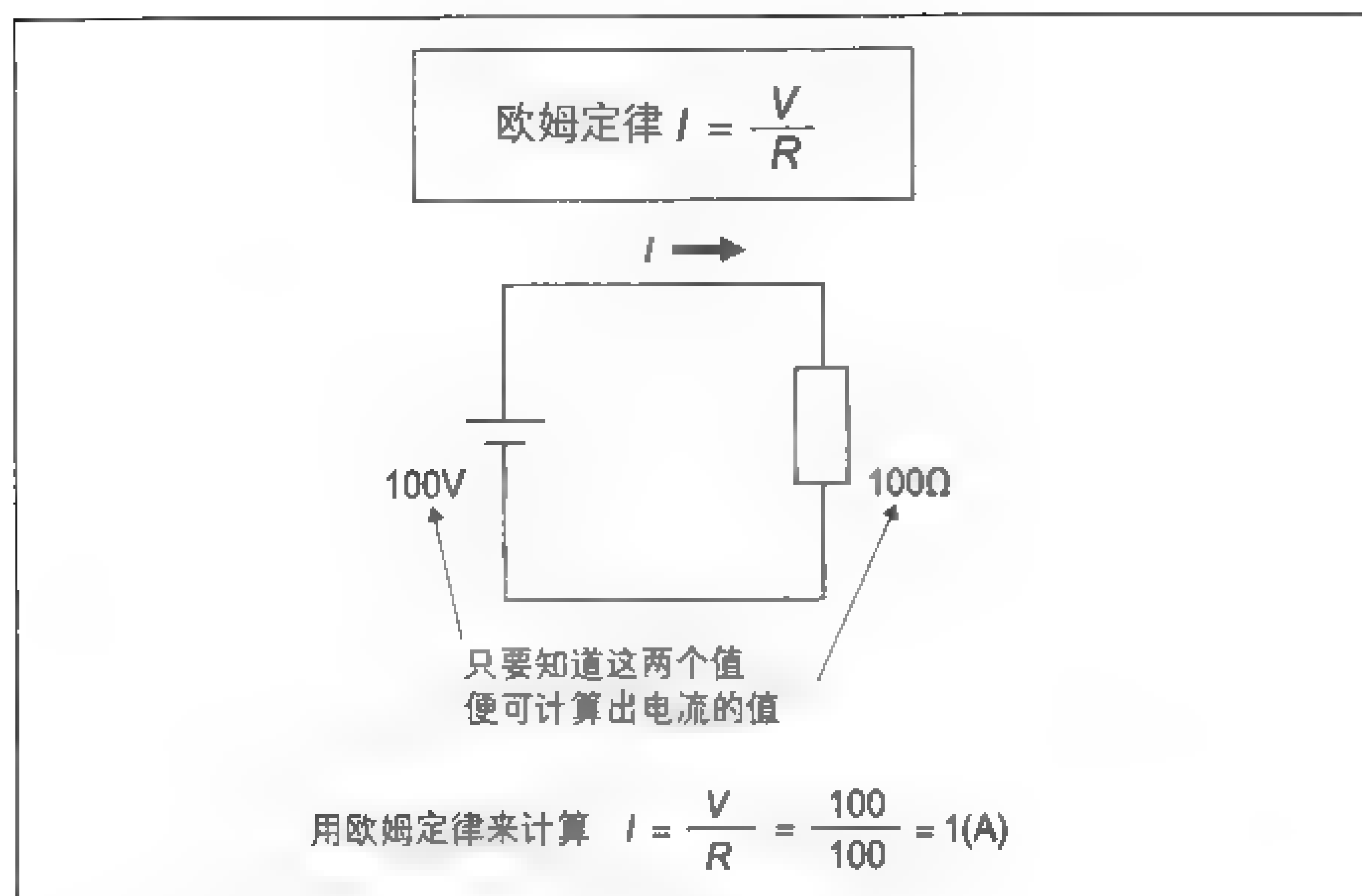


◆ 图2-4 交流电压的值

电路和欧姆定律

电流和电压成正比，和电阻成反比，这就是欧姆定律，可以用$I=\frac{V}{R}$来表示。欧姆定律是电学中最重要也是最基本的定律。

例如，对100Ω的电阻施加100V的电压后，电流会成为$I=\frac{V}{R}=\frac{100}{100}$，即为1A。像这样，使用欧姆定律的公式，只要知道电流、电压、电阻中其中两者的值，便可计算出第三者的值（图2-5）。



◆ 图2–5 欧姆定律

电阻和电阻率

电线为传导电流的导线。然而，电线也是有很小的电阻的。若电流高于安全电流，则电线便会发热。

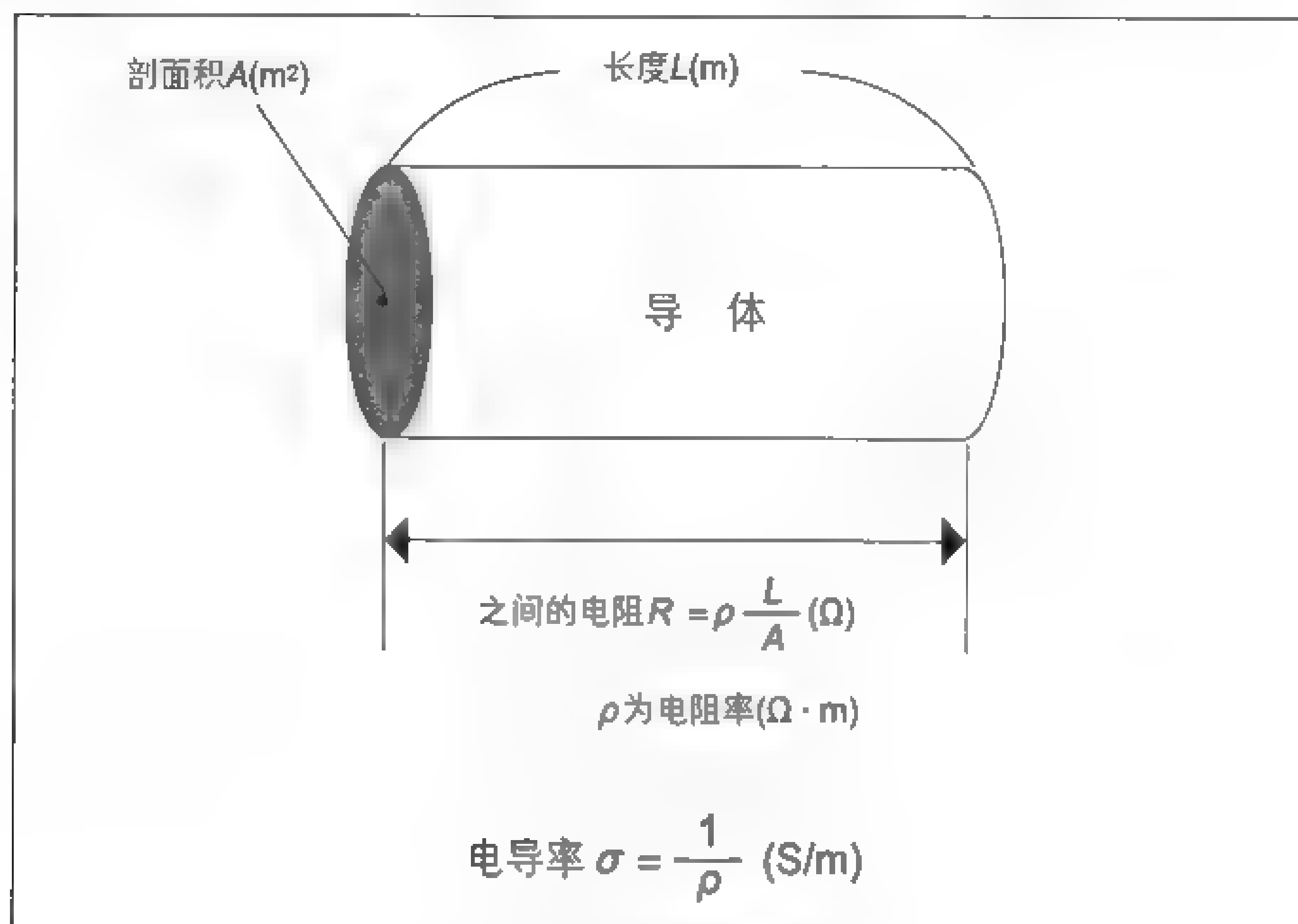
长度为L(m)、剖面积为A(m^2)的导体的电阻可以用$R=\rho\times L/A$(Ω)来求出。ρ(Rho)为电阻率[1]，为导体固有的电阻值。电阻率的单位可以Ω·m表示。由此式可得知，若物体的材质同样，则电阻的大小和长度成正比，和剖面积成反比（表2-1）。

表2–1 室温20℃下，金属的电阻率（Ω·m）

金	2.22×10^{-8}
银	1.59×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}
铝	2.27×10^{-8}
镍铬合金	107.5×10^{-8}

1 电阻率：Resistivity。

电阻率为电流受阻的程度，相对地，物体传导电流的能力称为电导率。电导率用电阻率的倒数表示，单位是S/m（Siemens/meter，每米西门子数）（图2-6）。



◆ 图2-6 电阻率和导电率

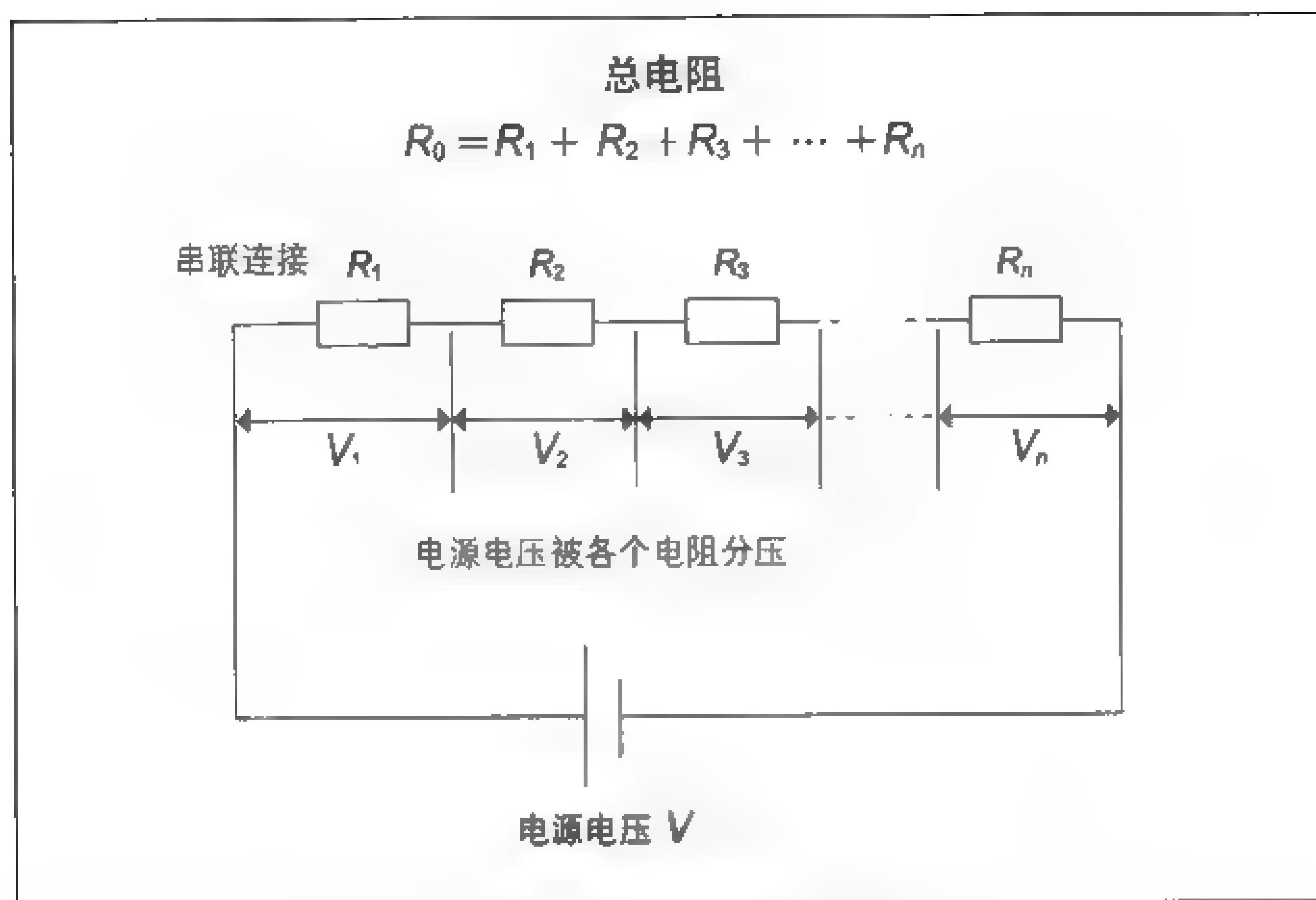
总电阻

电器零件的基本连接方法大致上可以分为两种。我们从电阻的角度来看看这两种连接方式的区别。

串联是将电路元件逐个顺次首尾相连接的一种电路连接方式。此时，将多个电阻视为1个电阻时的电阻值，称为总电阻（Synthesized Resistance），只要将所有电阻值加总便可求出此值。

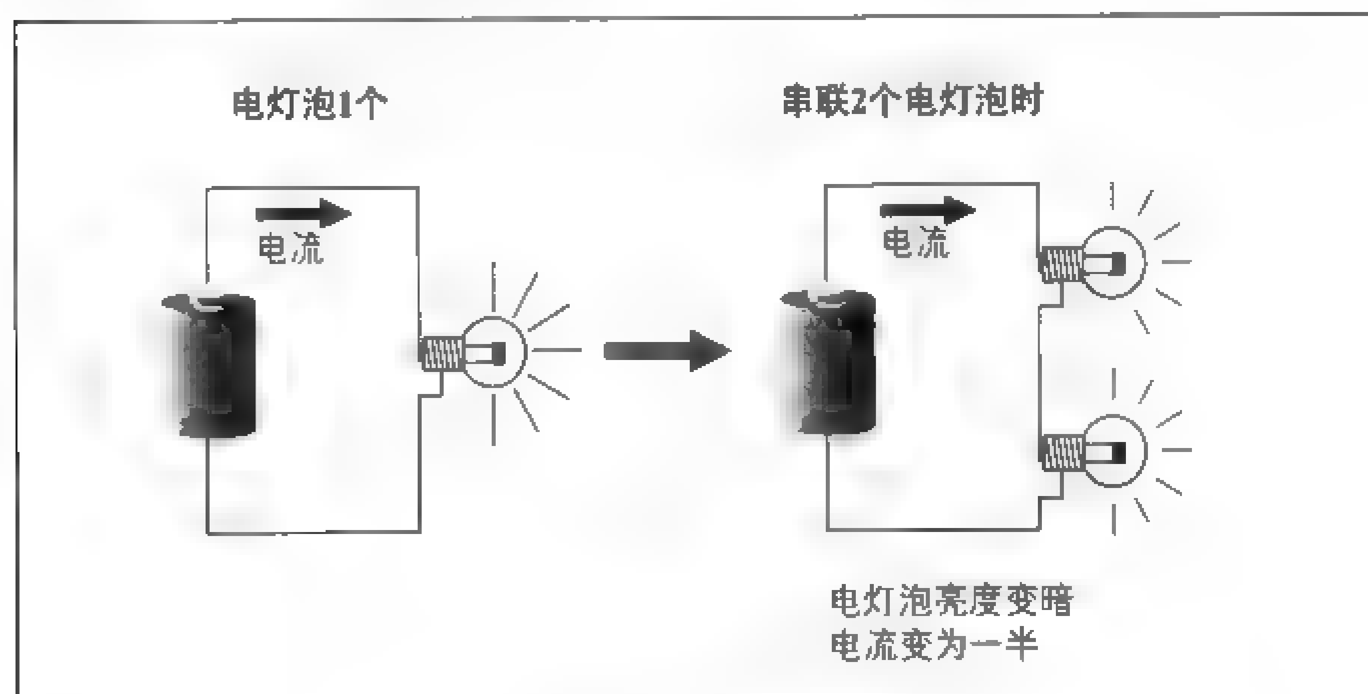
总电阻$R_0=R_1+R_2+\cdots+R_n$(Ω)

使用这种连接方式时，在各电阻间流通的电流大小相等。此外，电源电压被各个电阻所分压（图2-7）。



◆ 图2-7 串联连接和总电阻

在电源上以串联的方式接续两个大小相同的电灯泡后，由于总电阻变成了两倍，因此电流变成一半，此时，电灯泡比仅连接1个时，亮度会变暗。而且，各电灯泡两端的电压为电源电压的一半（图2-8）。



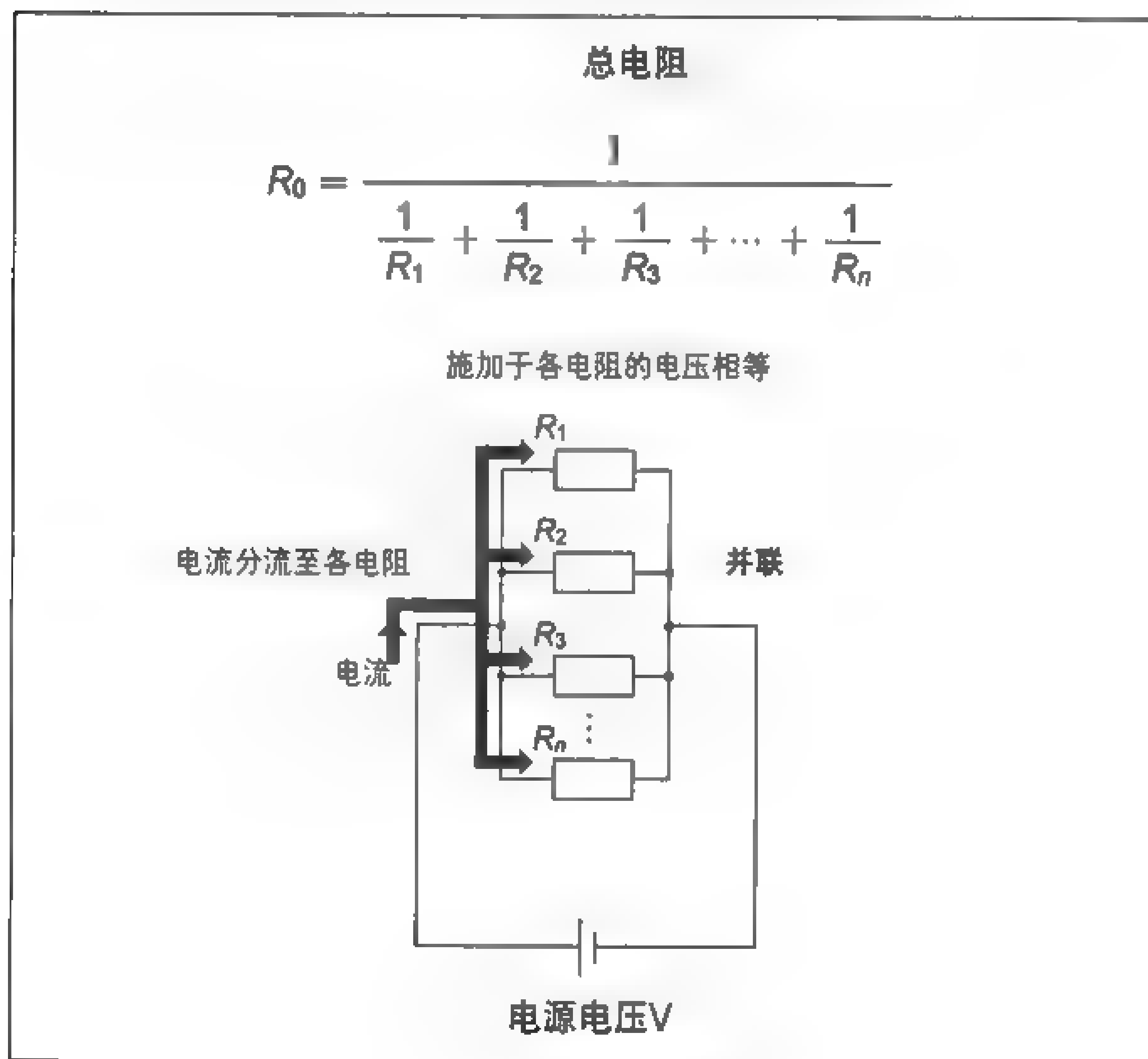
◆ 图2-8 电灯泡的串联连接方式

电路中各用电器并列地接到电路的两点间，用电器的这种连接方式称为并联。此时，总电阻的值等于各电阻的倒数和。

$$总电阻R_0=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}}(\Omega)$$

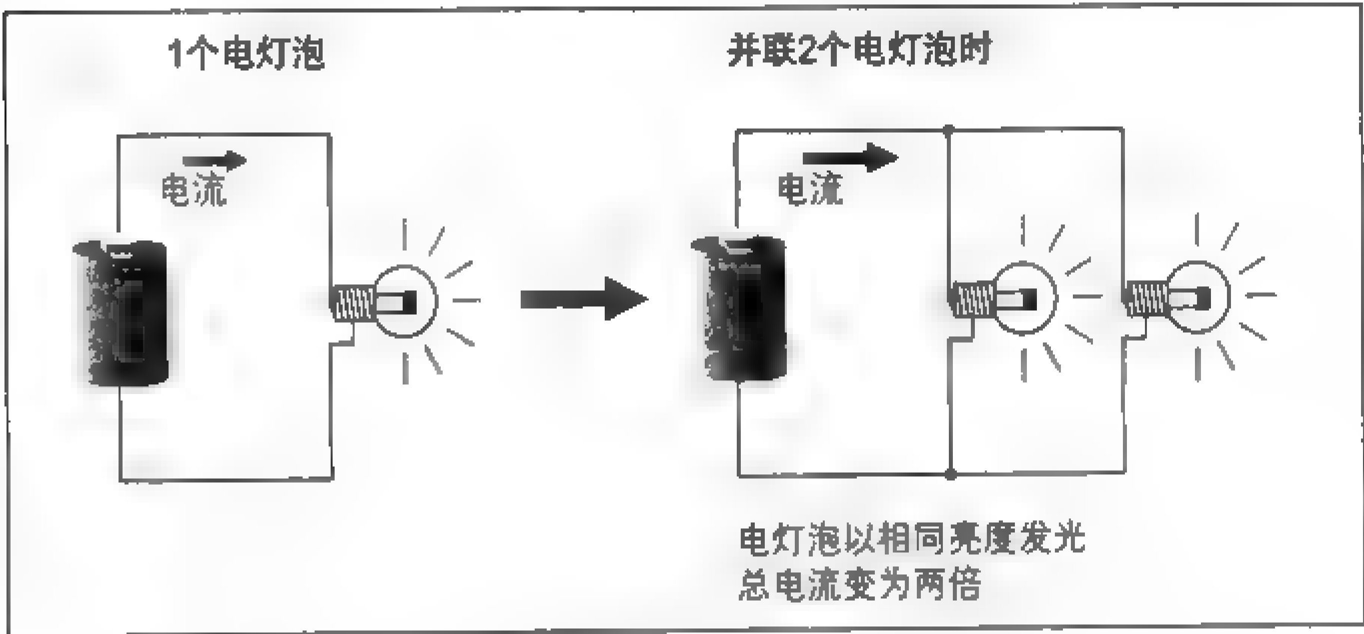
当两个电阻并联连接时，总电阻可以用总电阻= $\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}$ （各分电阻倒数和之倒数）来求出。

并联时，施加于各电阻的电压相等。此外，电流会分流至各电阻。



◆ 图2-9 并联及总电阻

在电路中并联连接两个大小一样的电灯泡时，电灯泡亮度和仅连接1个时相等。此外，因为各电灯泡中所流通的电流相等，所以总电流变为2倍。



◆ 图2-10 电灯泡的并联连接

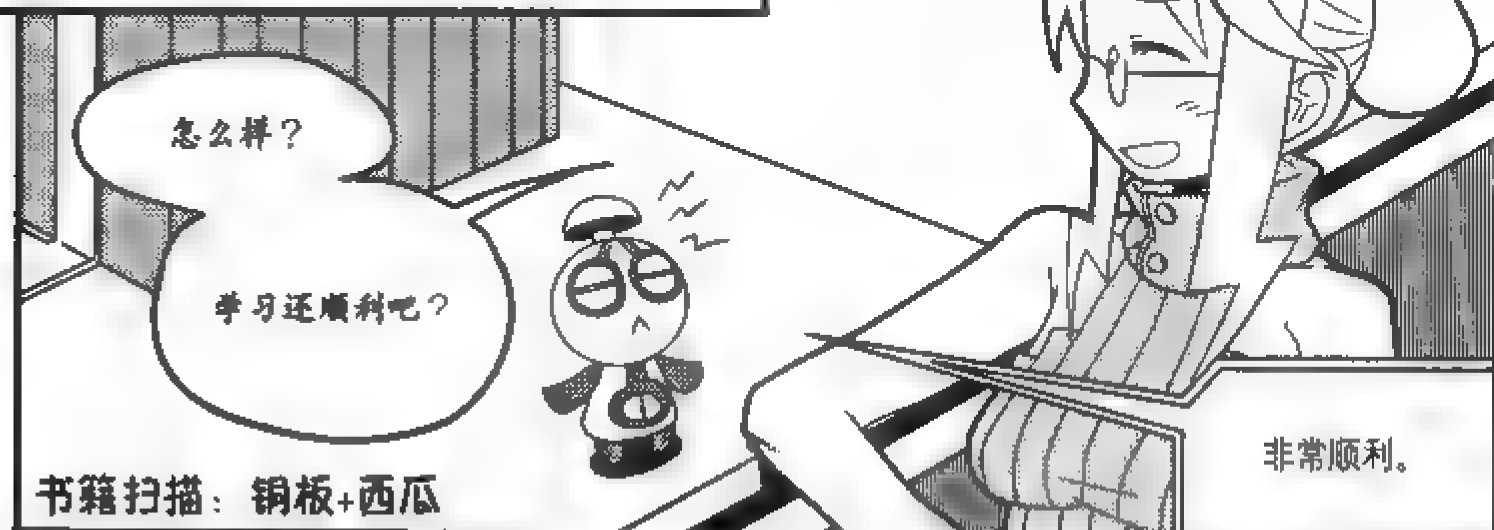
我们在家中使用100V的电器产品，便是和100V的电源以并联方式连接的。随着所使用电器产品的数量增加，总电流也会增加。

第3章

一窥电的应用



1. 电能如何转换成热能



怎么样？
学习还顺利吧？
非常顺利。
书籍扫描：铜板+西瓜



我和小光老师也处得很好喔！



那里的学习进度果然比较适合现在的你呢！



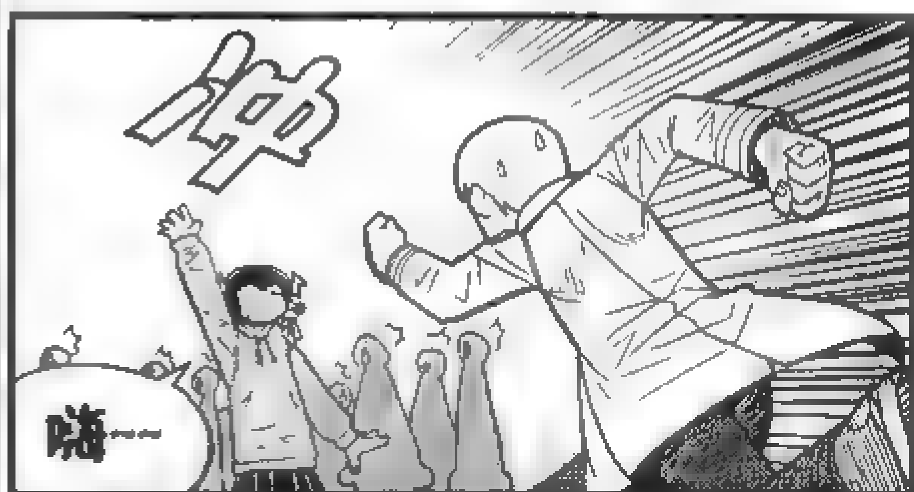
是呀！我要在这边努力复习基础课程，再回到电邦挽回我的名誉。
嗯
挽回呀……



你之前做过什么值得夸耀的事吗？
驱动
驱动
哇！
你太严格了……


啊！
小光老师来了，我先不跟你说啰！

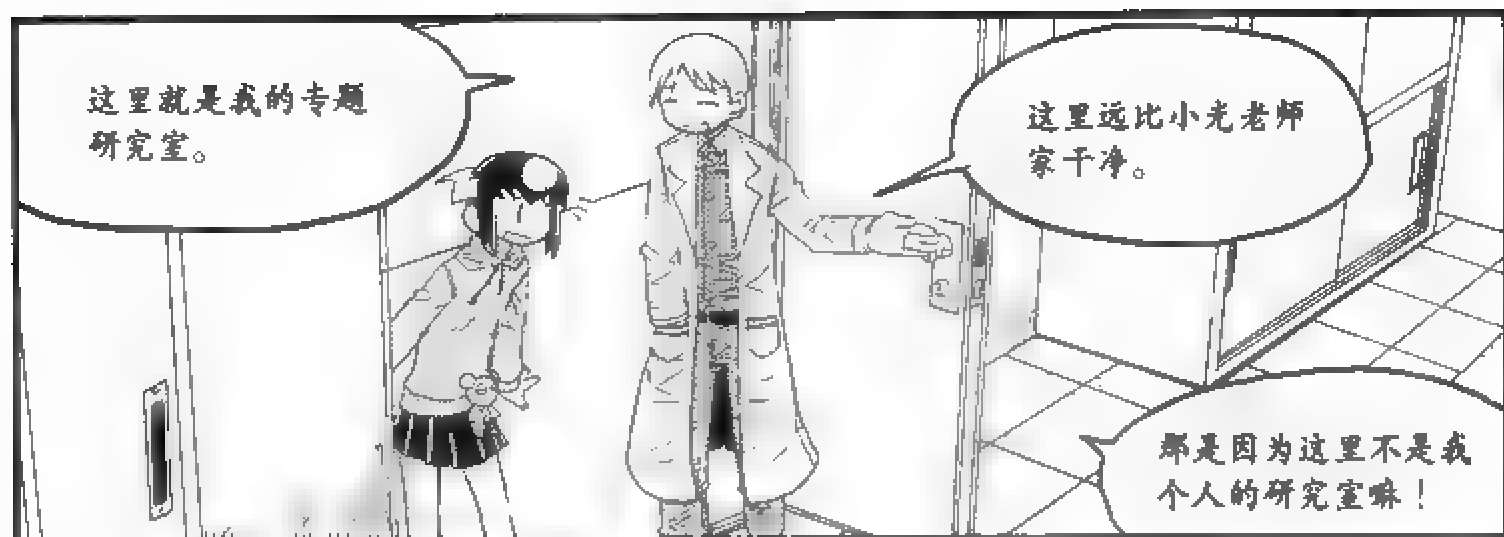

骚动
请好好努力。
骚动

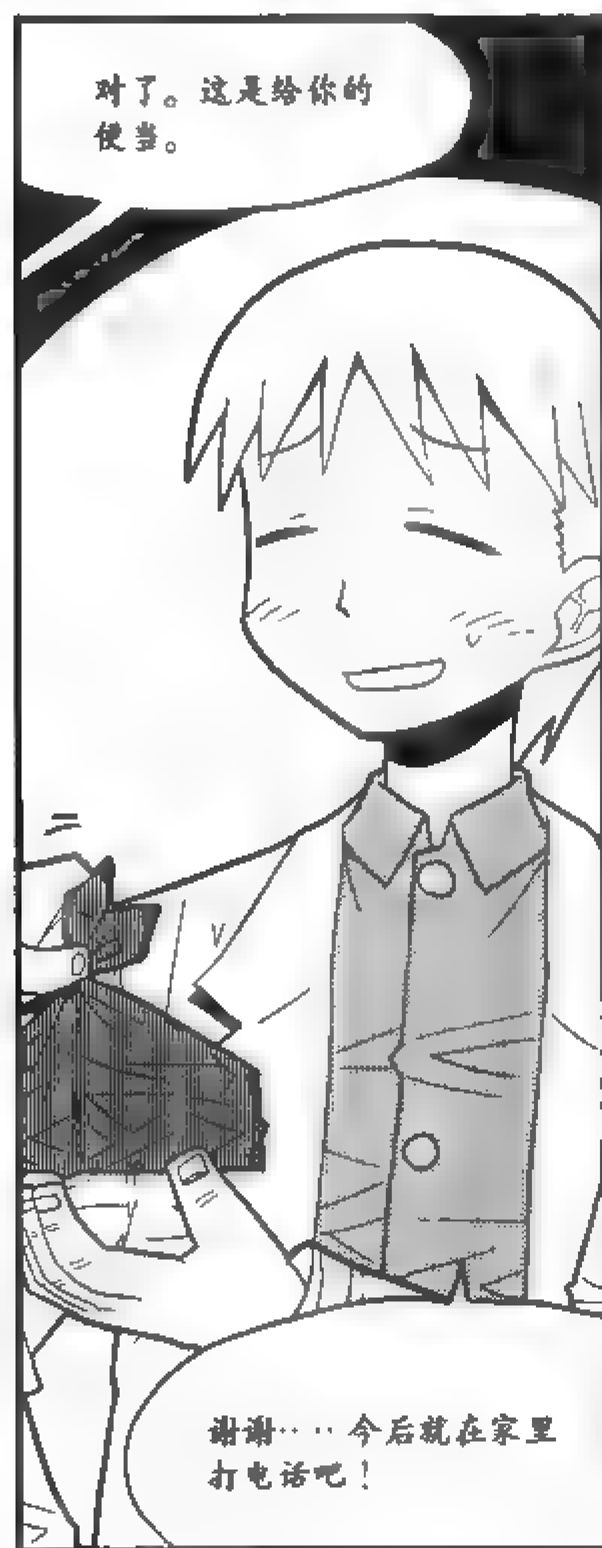

冲
嘀~~


咦?!!
抓
惊吓
哇！我找你找得真辛苦。你可以到研究室让我看你练习腹语的成果吗？


?
啊？小光老师忘记了吗？世之助是具有通信和监视功能的机器人·


别·说·了!!
紧抓
是……是。


这里就是我的专题研究室。
这里远比小光老师家干净。
那是因为这里不是我个人的研究室嘛！


对了。这是给你的便当。
谢谢……今后就在家里打电话吧！


在外面接电话的人虽然不少，但是和玩偶说话还是有点
因为是玩偶长得不够好吗？


总之你难得来这里一趟，要不要稍微学点东西呢？
那当然！
啪

电和焦耳热

哇，这、这是什么？

摩门秋！是电邦的家常菜喔！

我觉得我习惯吃这种饭真可怕啊

咔滋

对了。食物的热量单位是卡路里吧！

卡路里(cal)就是指热量，也就是释放出多少热的单位。

哇——

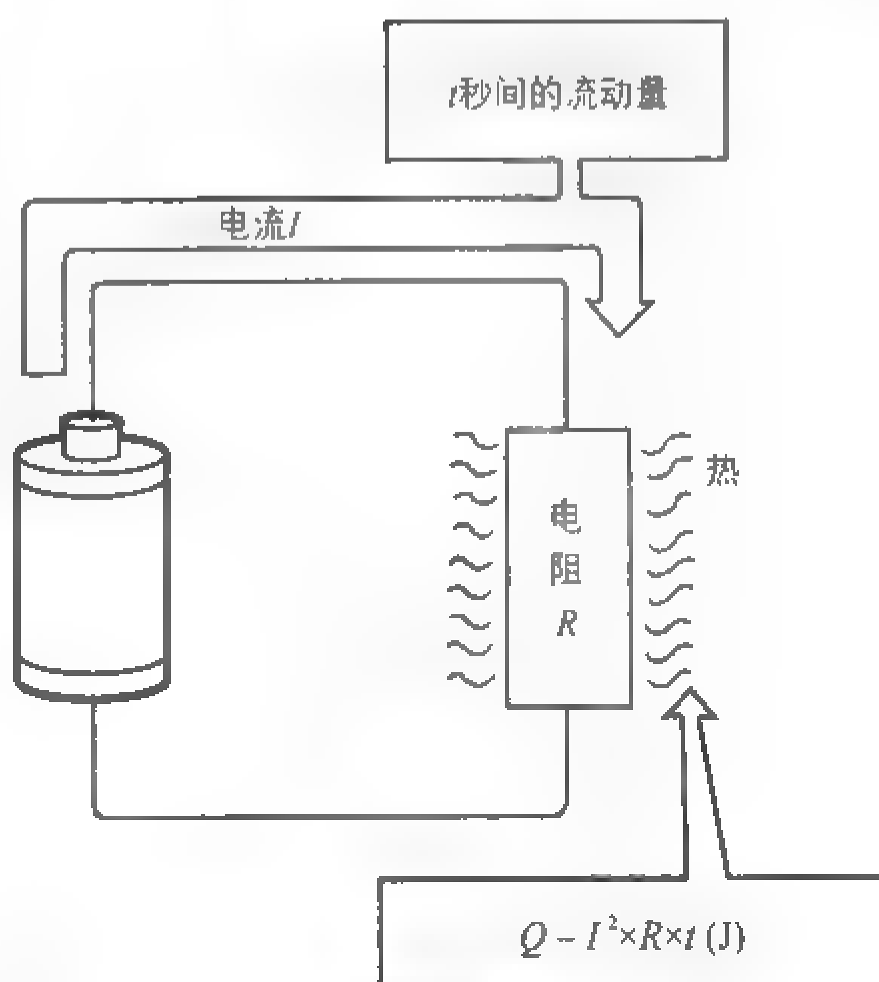
如同食物被消化后能释出热量一样，

电也是因为在电阻间流动从而产生热。











1 焦耳热，Joule Heating。







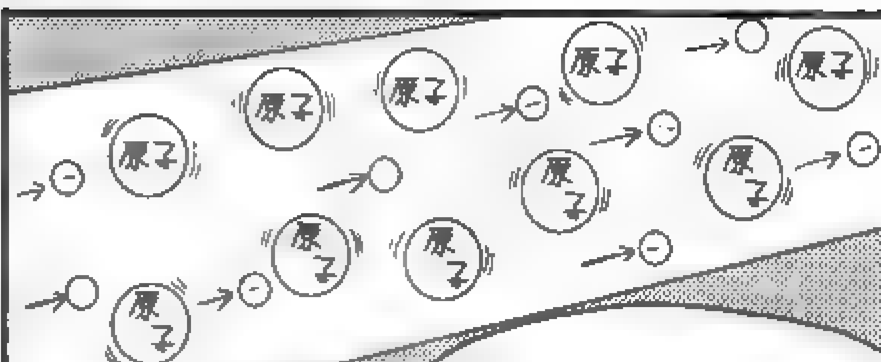




1 热振动：Thermal Vibration。 2 绝对零度：Absolute Zero，即绝对温标的开始，是温度的极限，相当于 273.15℃，当达到绝对零度时，所有原子和分子的热量运动都会停止。

之前曾提过，负载具有妨碍电流流动的电阻性质，对吧？（请参见第63页）

嗯。

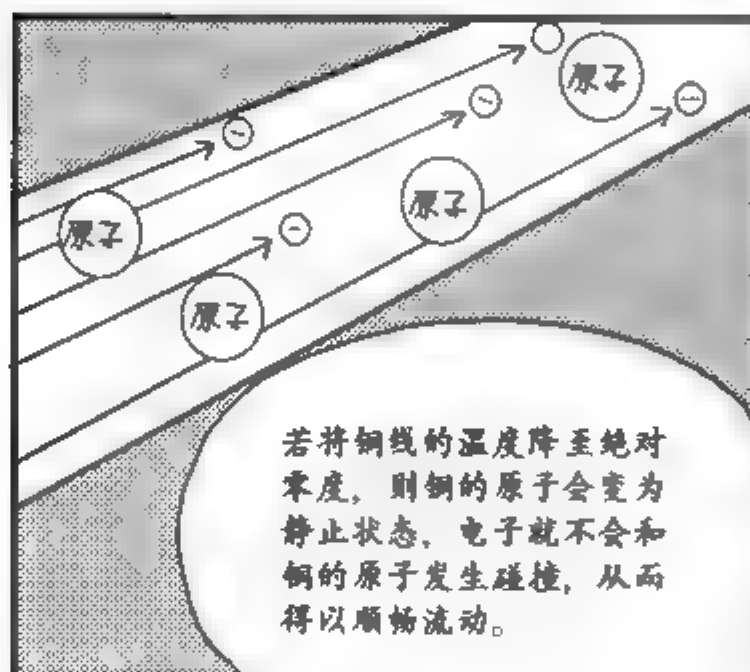


其实那是由原子振动所造成的。

原来如此！原子一旦振动，电子就会变得难以移动。

常用来作为电线材料的铜线也有电阻，且即使在常温下还是会有一些电阻。

嗯。

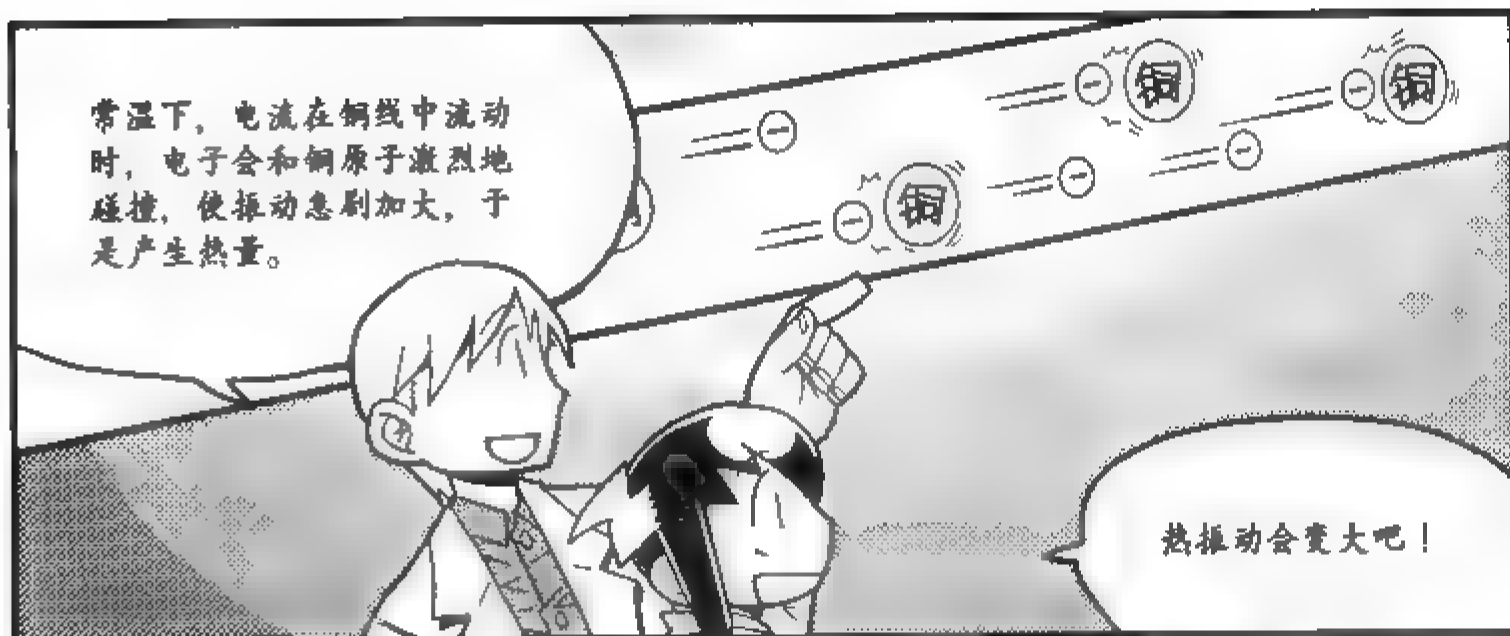


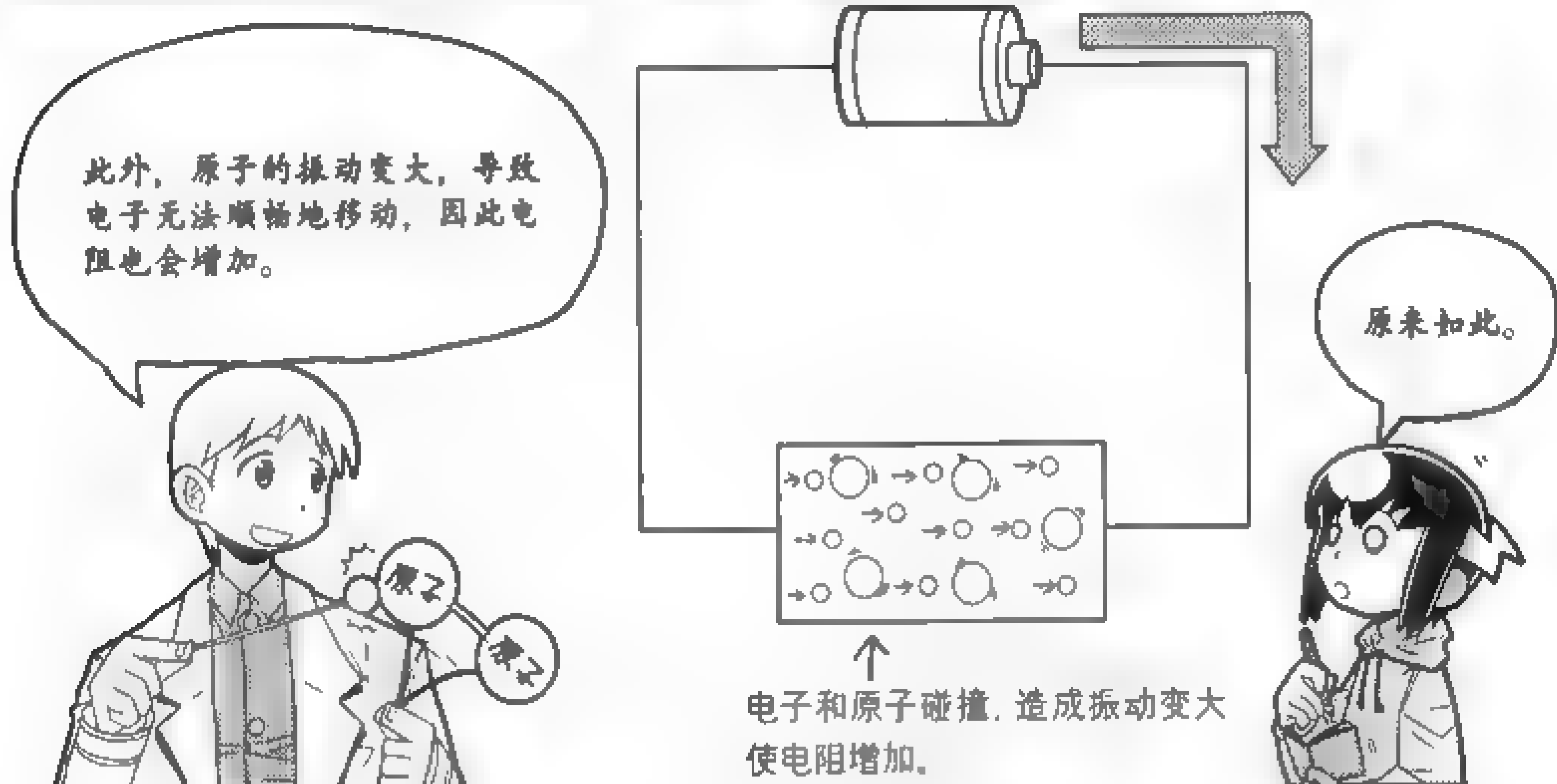
此现象就称为"超导现象[1]"

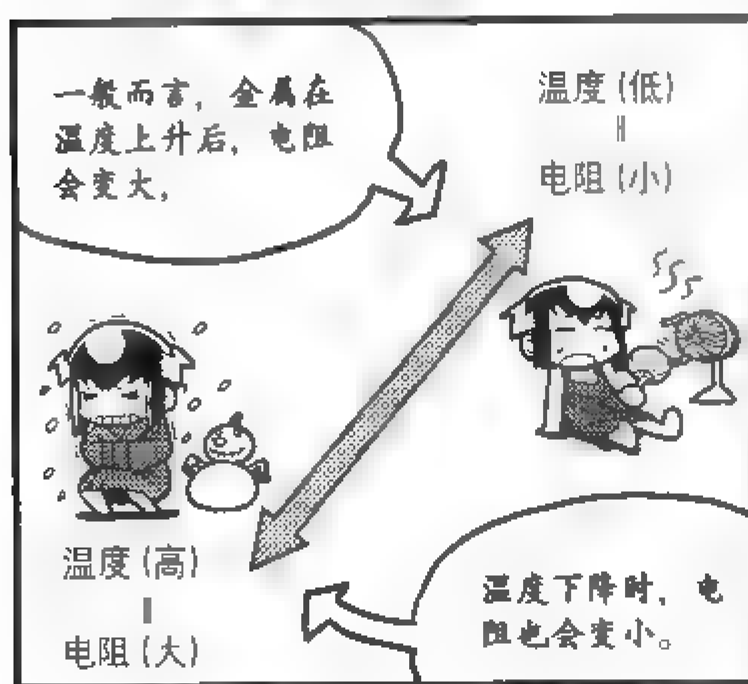
超导

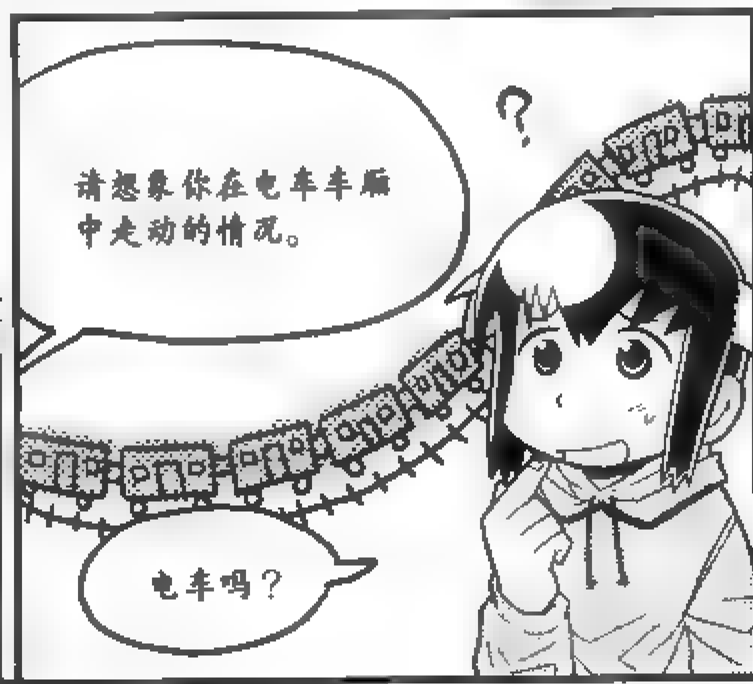
哇！
听起来好酷！！

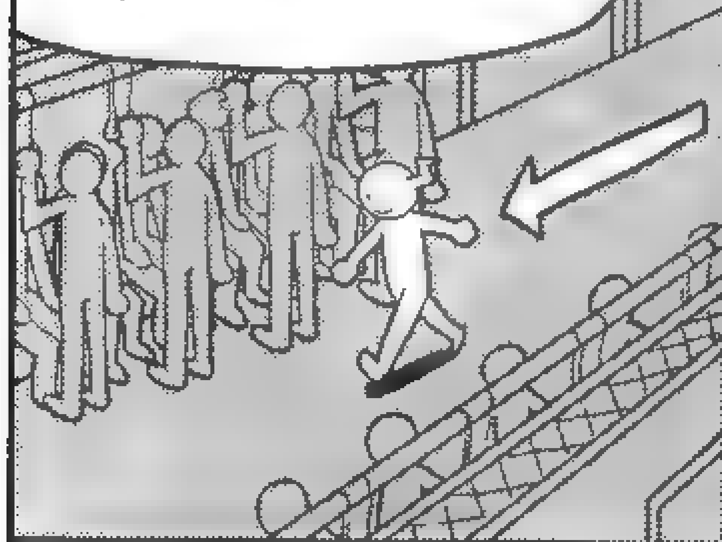
1 超导现象 Superconductivity Phenomenon。

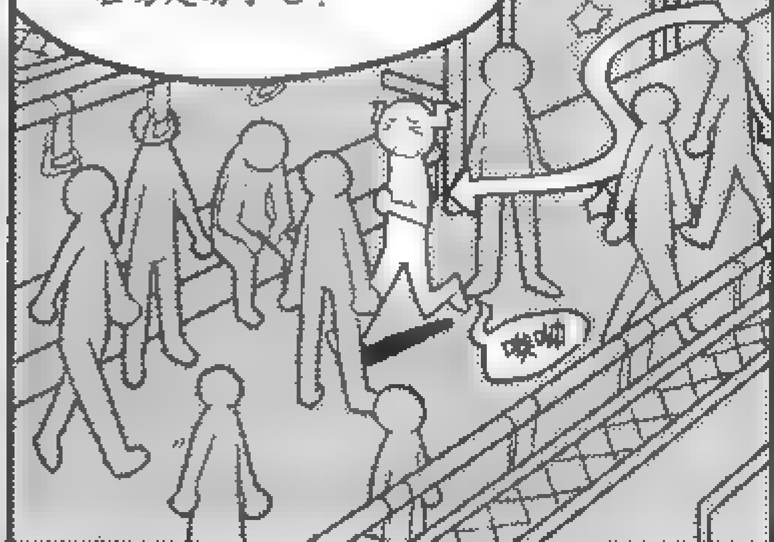

常温下，电流在铜线中流动时，电子会和铜原子激烈地碰撞，使振动急剧加大，于是产生热量。
铜
热振动会变大吧！


此外，原子的振动变大，导致电子无法顺畅地移动，因此电阻也会增加。
原子
原来如此。
电子和原子碰撞，造成振动变大使电阻增加。


一般而言，金属在温度上升后，电阻会变大，
温度（低）
电阻（小）
温度（高）
电阻（大）
温度下降时，电阻也会变小。


请想象你在电车车厢中走动的情况。
电车吗？

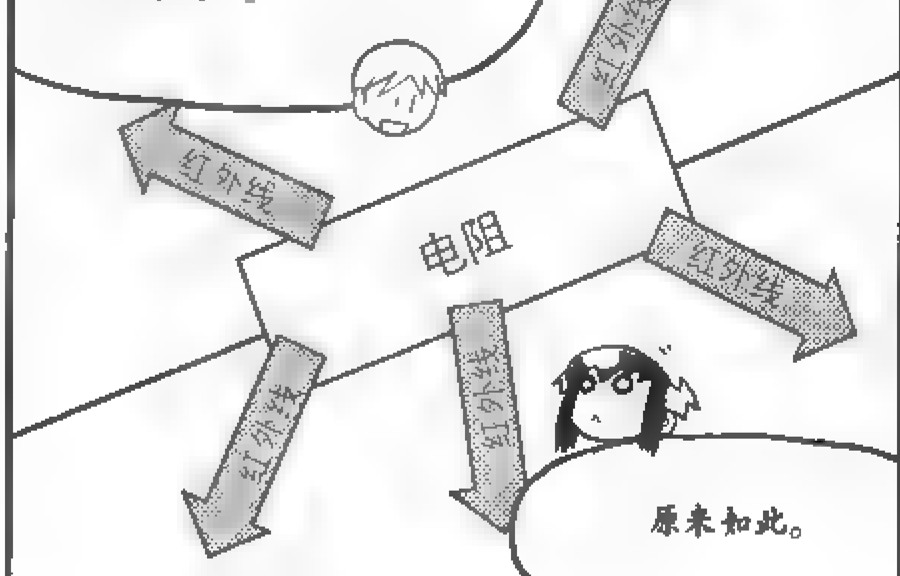

在车厢内走动时，如果周围的人静止不动，你就能顺畅地通过。

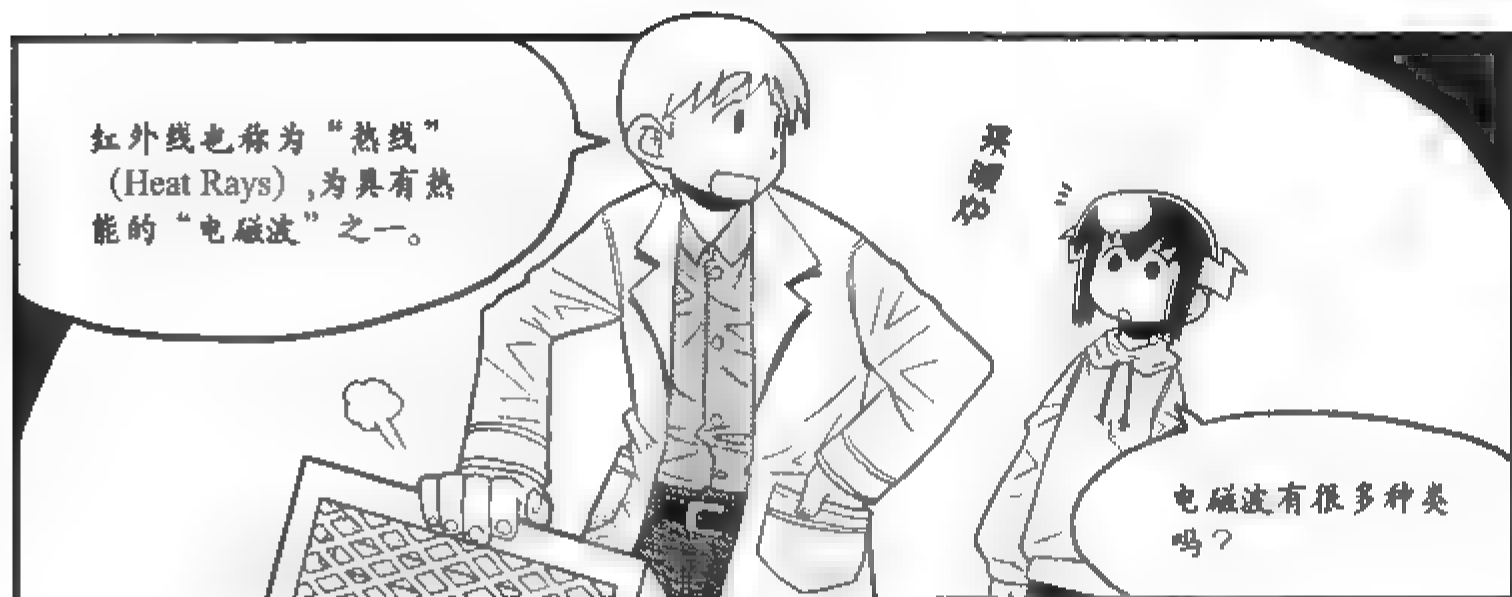

但若周围的人都在动，就会撞到别人，而无法轻易走动了吧？


自己是电子，周围的人是原子，对吧！
咚
虽然身旁的人都在移动，但若强行通过的话，便会碰到很多人，而周围的人的动作也会因此变大。

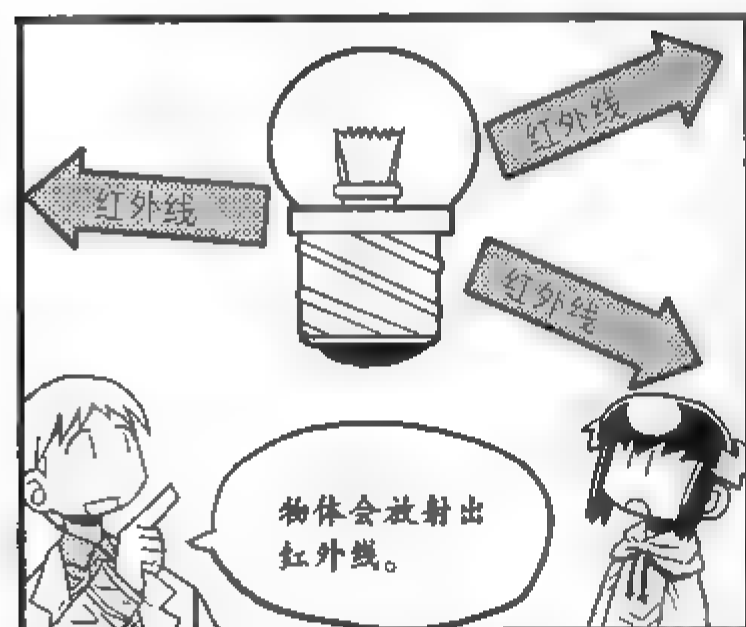
由热转为光


电流经电阻，温度就会上升从而发热。


最初会放射出肉眼看不见的“红外线”。
红外线
红外线
电阻
红外线
红外线
红外线
原来如此。



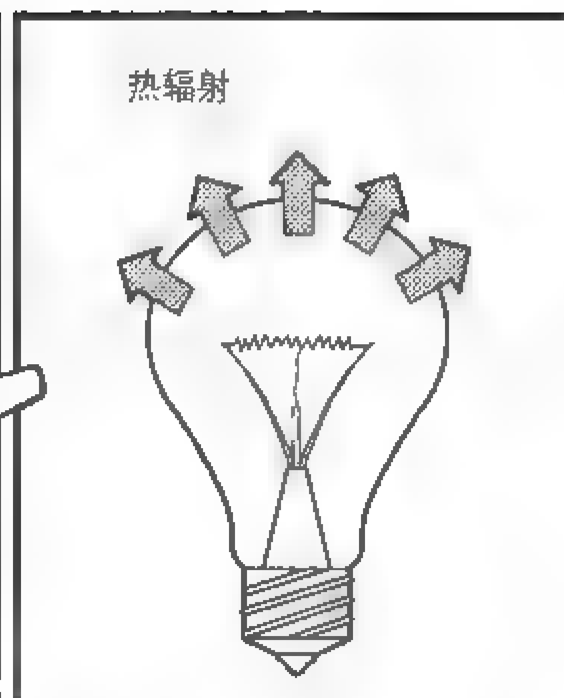






1 宇宙射线：Cosmic Rays，是来自宇宙的一种具有相当大能量的带电粒子流，没有人确切知道它们来自何方。
2 可见光：Visible Light，通常指波长从780nm到390nm的电磁波。













1 热辐射：Temperature Radiation。

2 冷光 Luminescence，它是一种电能转换为光能的现象，但是在转换过程中不会发热，所以一般称为“冷光”。

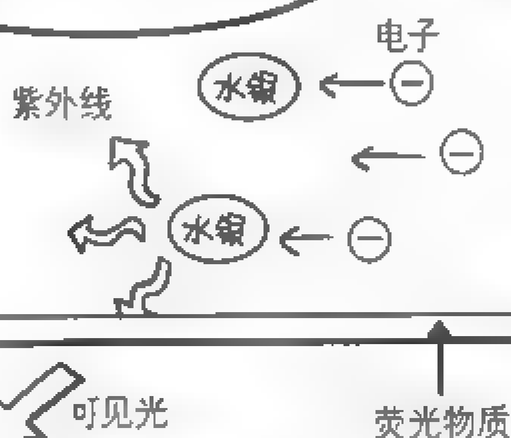
它因发热造成的能量损失较少，所以效率较佳。

？

日光灯又是如何发光的呢？

首先，灯丝放出电子，

电子会在灯管内和水银原子发生碰撞，所产生的紫外线碰到涂在灯管内侧的荧光物质后，便会形成可见光，



由于日光灯的发光效率较佳，以相同的耗电量，可发出比白炽灯泡高出4倍以上的光！

竟然差了4倍之多呀！

那么全都用日光灯就好啦！

别那么极端嘛……

这样你应该了解发光现象分别为热辐射，

以及冷光了吧！

是的！

2. 电流和磁力线



这次用这个来解释吧!



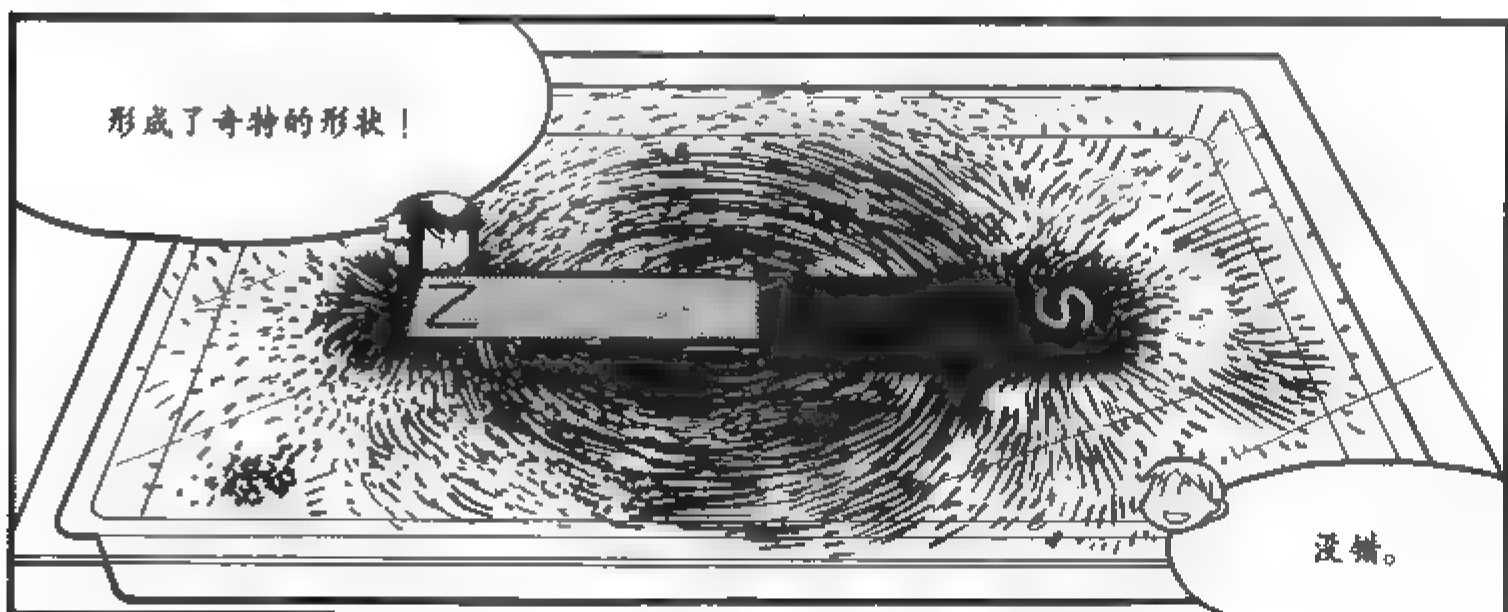
这是磁铁吧？
?
没错。
电和磁具有密不可分的联系哦!



电流和磁力线
叩
在磁铁上放一片透明的亚克力板。

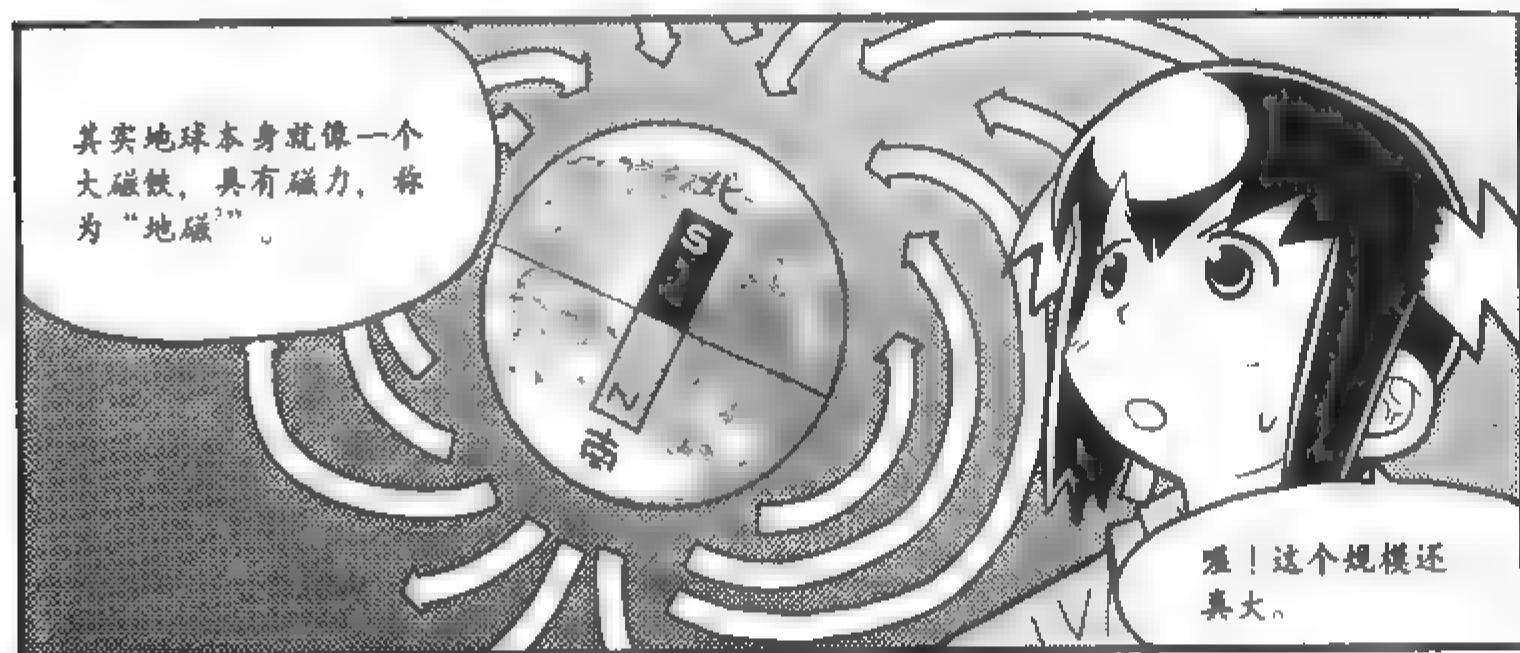


在上面洒满铁砂后
沙
沙
喔!



形成了奇特的形状!
没错。









1 磁力线：Magnetic Lines of Force。 2 地磁：Terrestrial Magnetism。

电流在电线中流动时也会产生磁力线喔！

这种现象在电的应用上非常重要，许多电器产品都是运用这一原理工作的。

哇！

此时的磁力线是以相对于电流的流动方向，向右旋转而产生的。

磁力线

电流

电线

这规律被称为"安培右手定则[1]"。

流动方向

向右旋

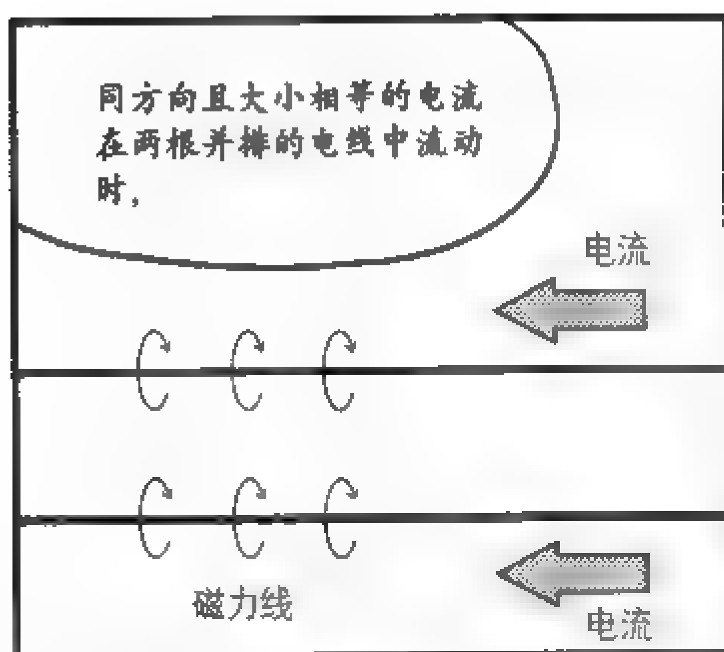
与螺丝向右旋转时，产生相同方向的磁力线，对吧！

此磁力线会依电流的强弱改变，且一旦电流的方向改变，磁力线的方向也会随之改变。

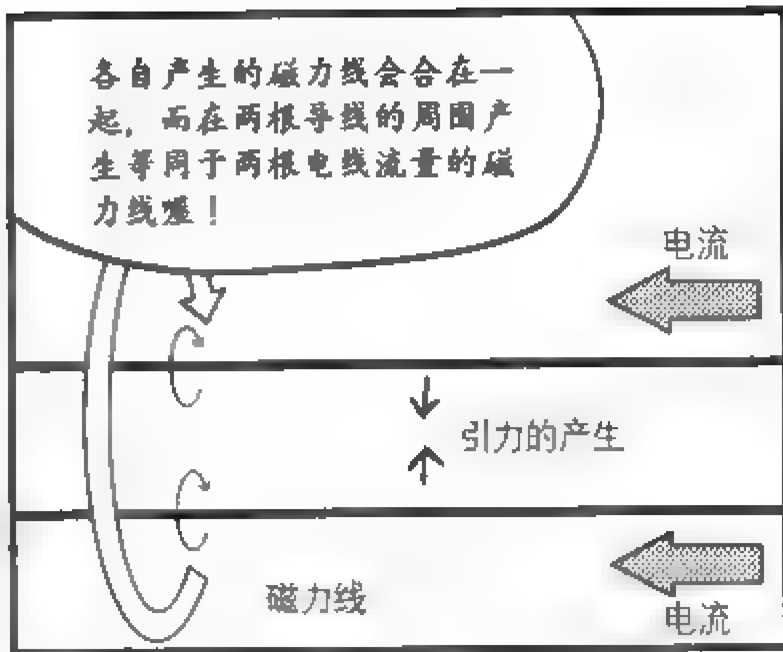
电流

电流

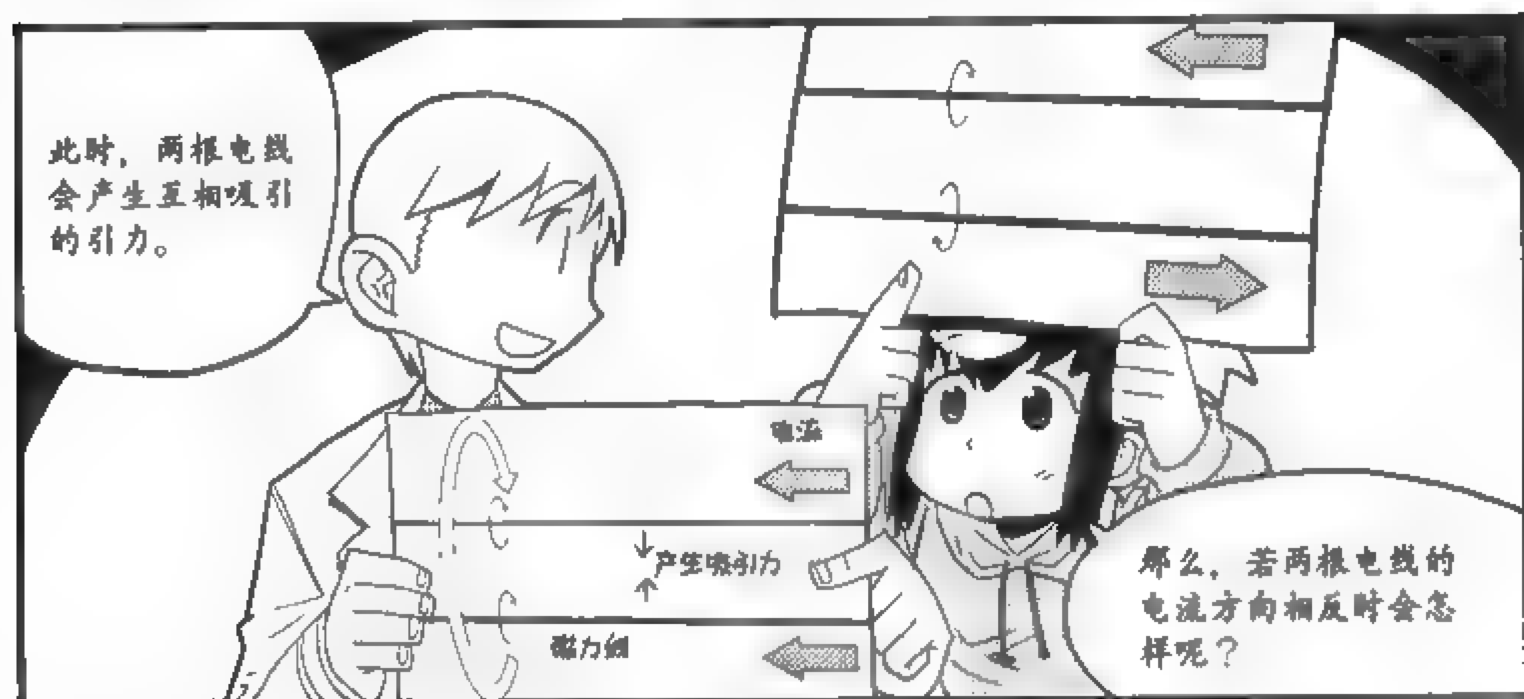
1 安培右手定则：Ampere Right-Handed Screw Rule。



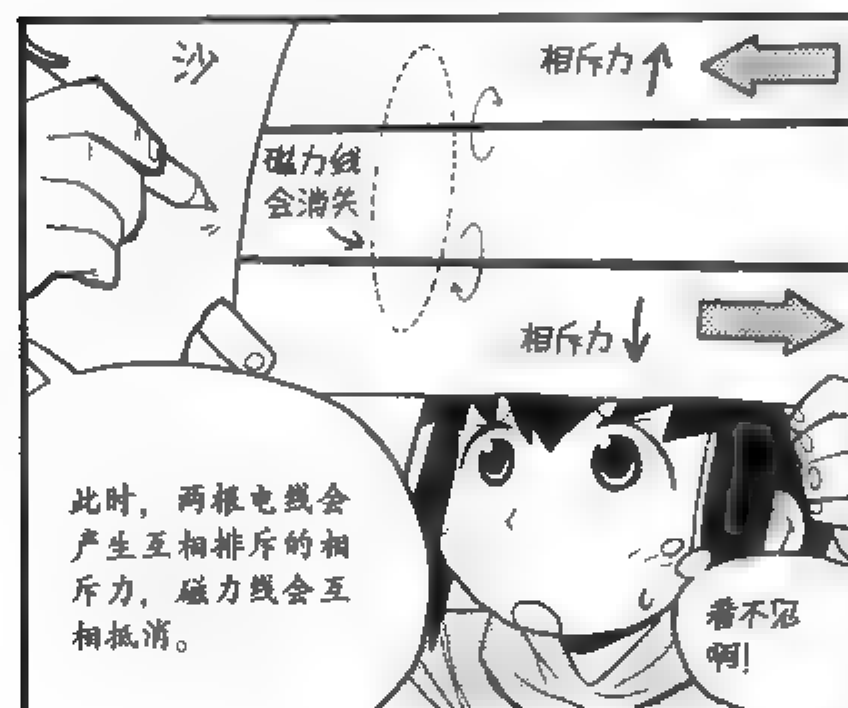
同方向且大小相等的电流在两根并排的电线中流动时，
电流
磁力线
电流



各自产生的磁力线会合在一起，而在两根导线的周围产生等同于两根电线流量的磁力线喔！
电流
引力的产生
磁力线
电流



此时，两根电线会产生互相吸引的引力。
电流
产生吸引力
磁力线
那么，若两根电线的电流方向相反时会怎样呢？



沙
相斥力
磁力线会消失
相斥力
此时，两根电线会产生互相排斥的相斥力，磁力线会互相抵消。
看不见啊！



磁力线互相抵消后就不见了！
哇—
正是如此。



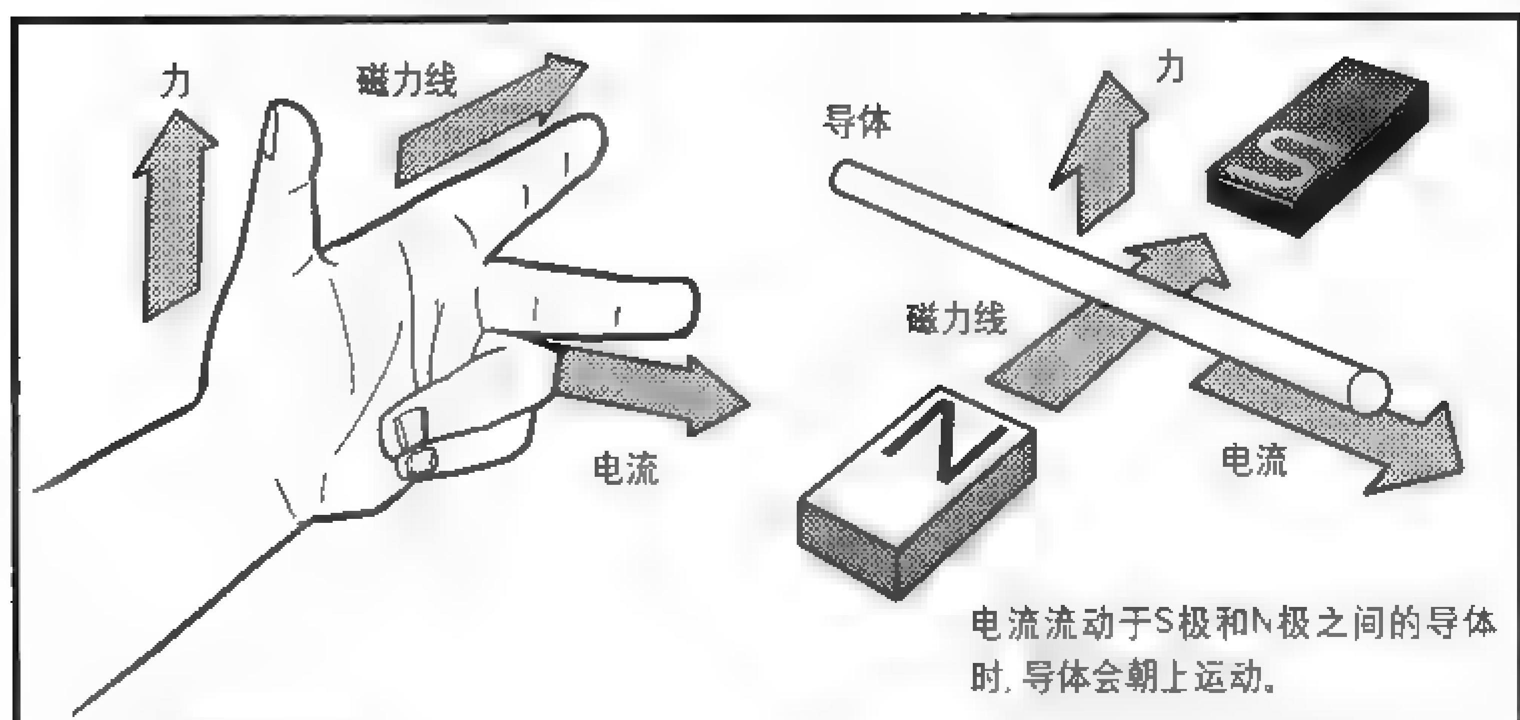






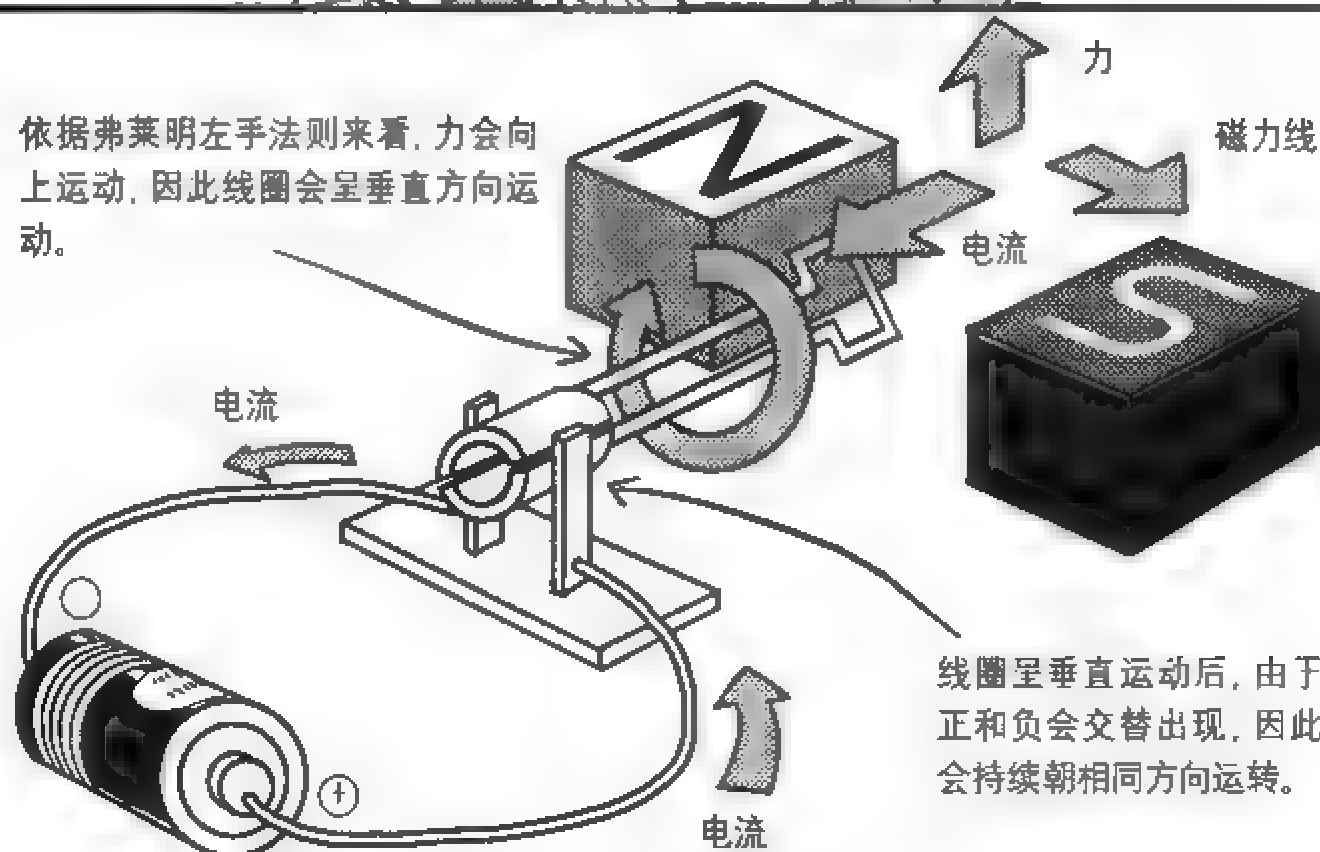


1 弗莱明左手法则，Fleming's Left Hand Rule，又称为电动机定则。



直流电动机就是应用此力来运转的喔！

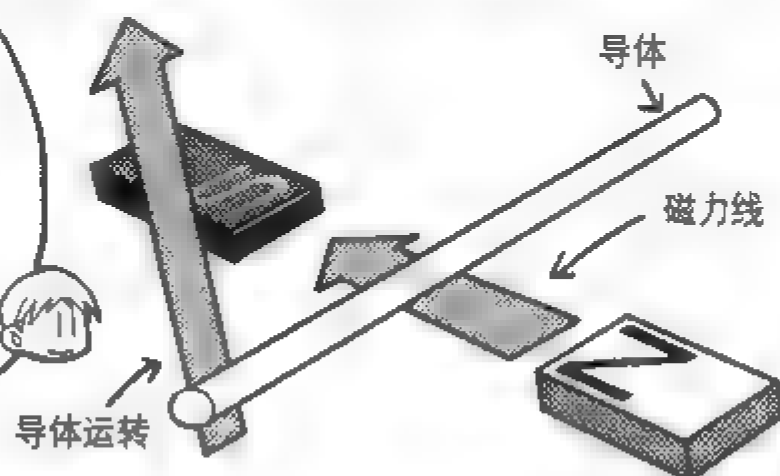
只要看左手就能马上想起来，这真是太方便了！

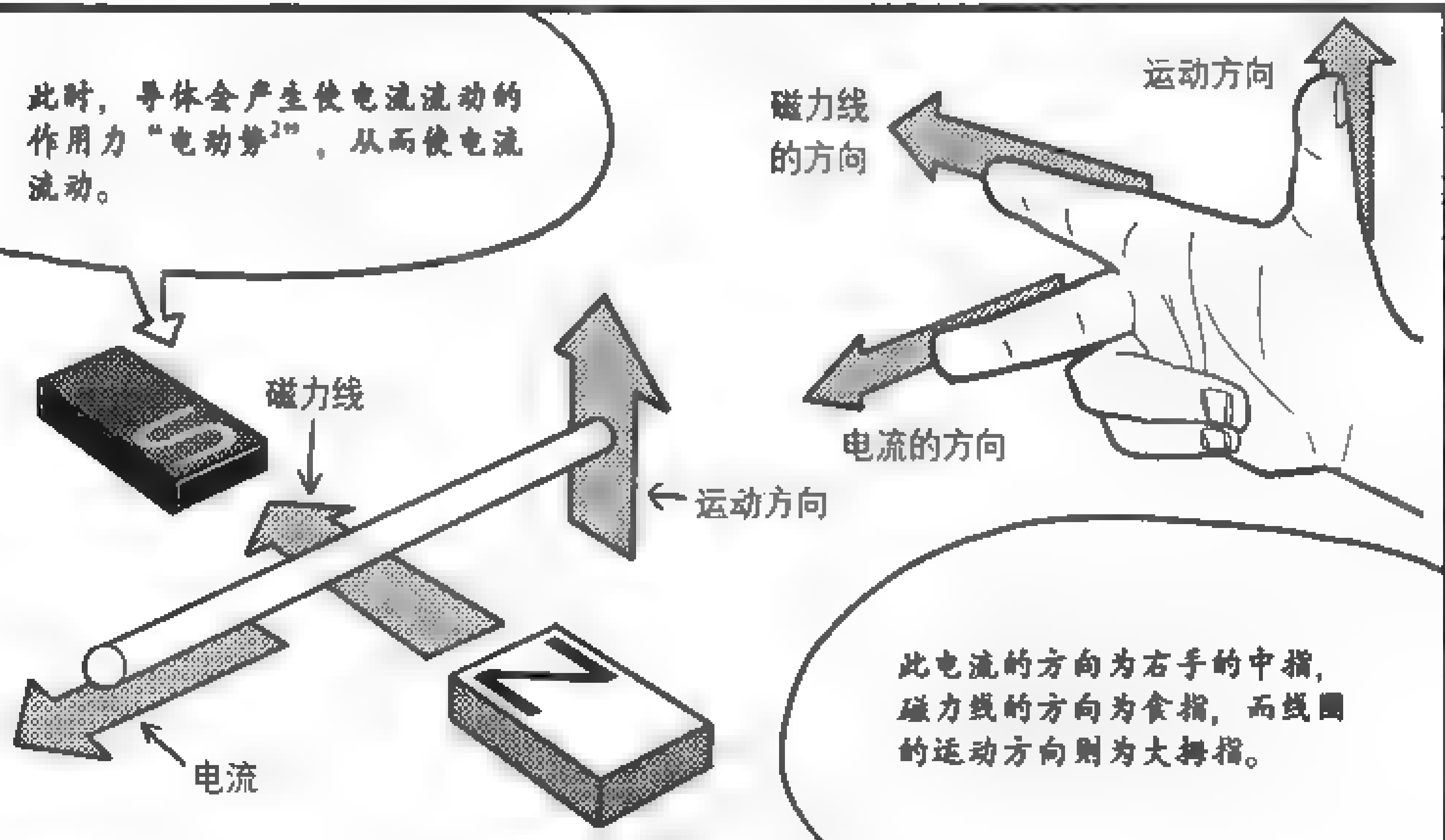


弗莱明右手法则

还有弗莱明右手法则[1]喔

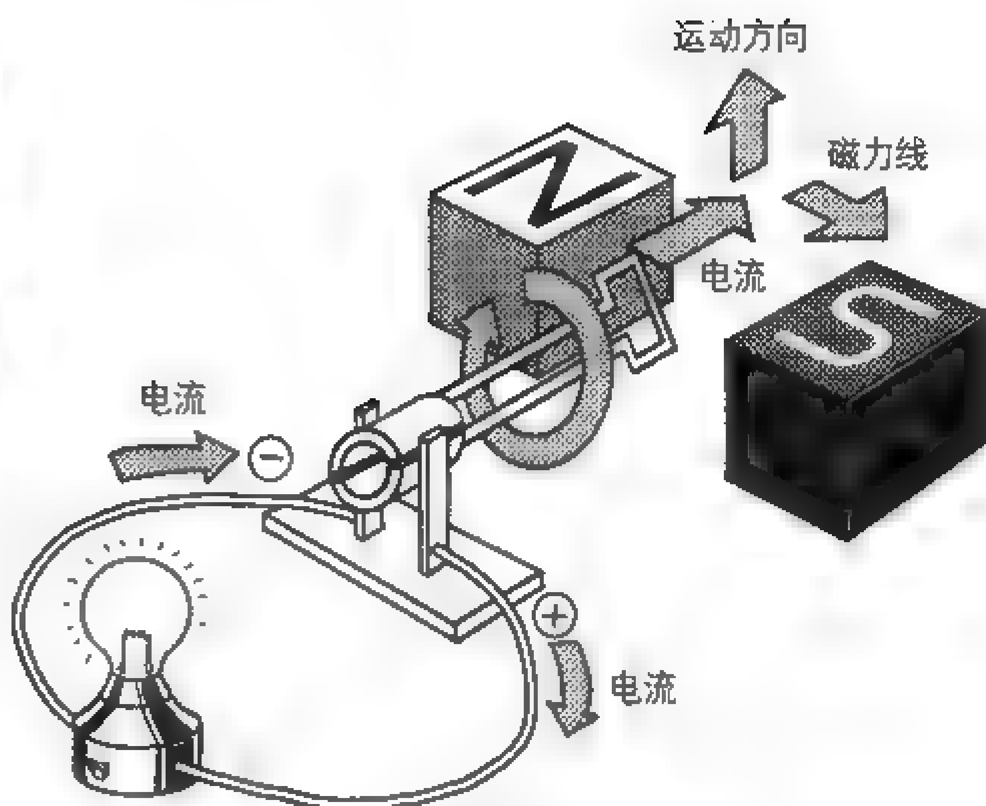
右手又代表什么意思呢？





1 弗莱明右手法则：Fleming's Right Hand Rule，又称为发电机定则。
2 电动势：Electromotive Force。

这就是所谓的“弗莱明右手法则”喔！



发电机在发电时，也可以弗莱明右手法则得知电流的方向喔！

原来如此。

一定要小心不要搞错右手法则和左手法则！



以右手法则可以得知发电机所产生的电流方向，





而以左手法则可以得知电动机的运转方向。



那么今天的课程就到此结束吧！
YEAH ——
哇噢
你好！



小光，你们在研究室里玩什么呢？
啊！你好。
我们并没有在玩……



小光还真厉害，居然带女朋友来研究室呀！
咦？



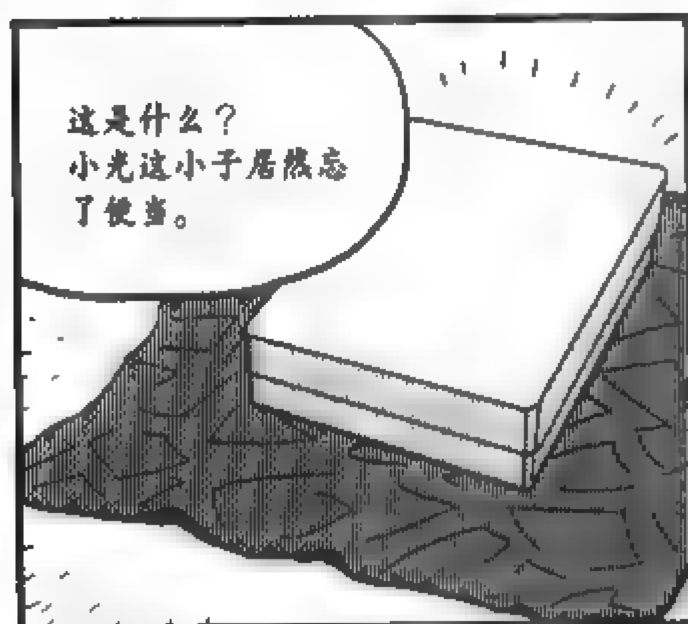
女、女朋友……吗……
哎呦！不是啦！她是亲戚家的小孩啦！



又是这一套啊！
……
真的啦！不要误会啊！


那么，我们就先走一步了！
？
再见。


关　门
嗯？


这是什么？
小光这小子居然忘了便当。

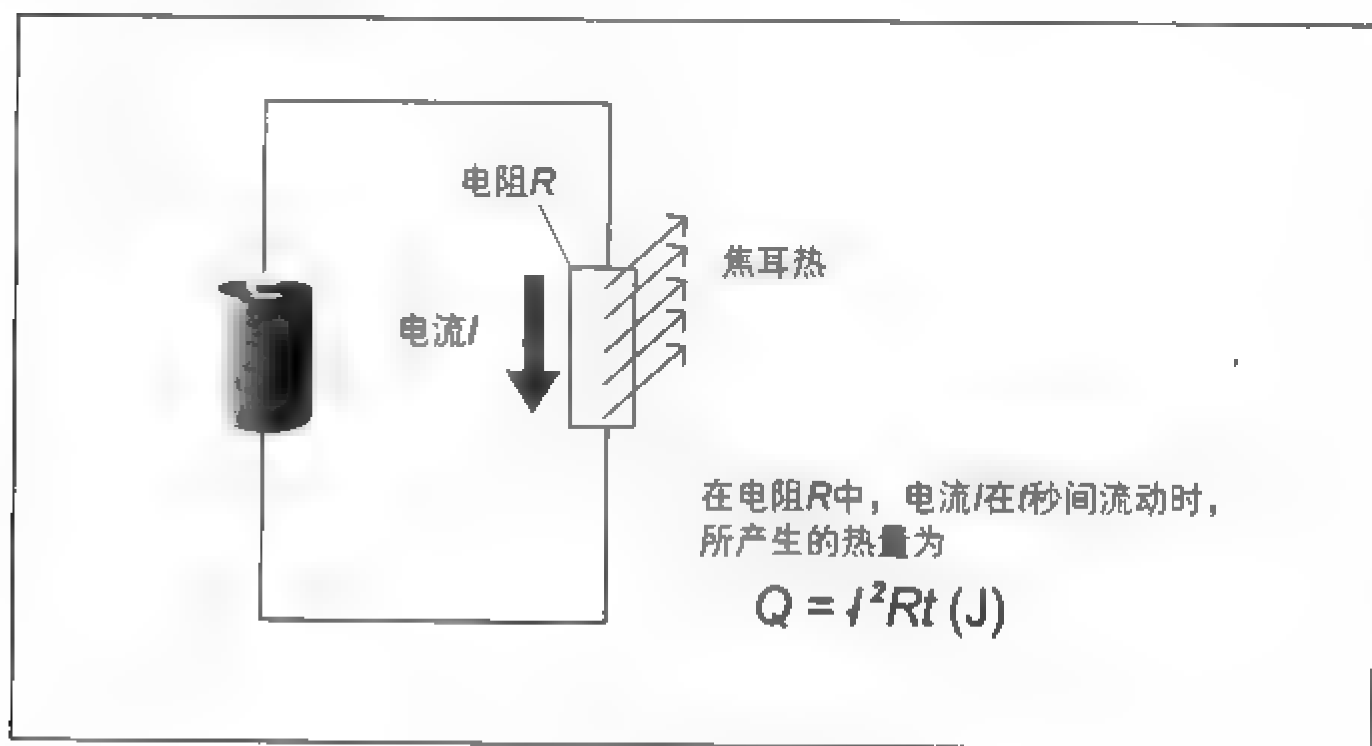

该不会是那女孩子亲手做的吧？
哈
哈
似乎还有剩，真是浪费食物，让我来处理掉吧……


啊啊啊啊啊啊！！！
怎么回事？！

追根究底

焦耳热

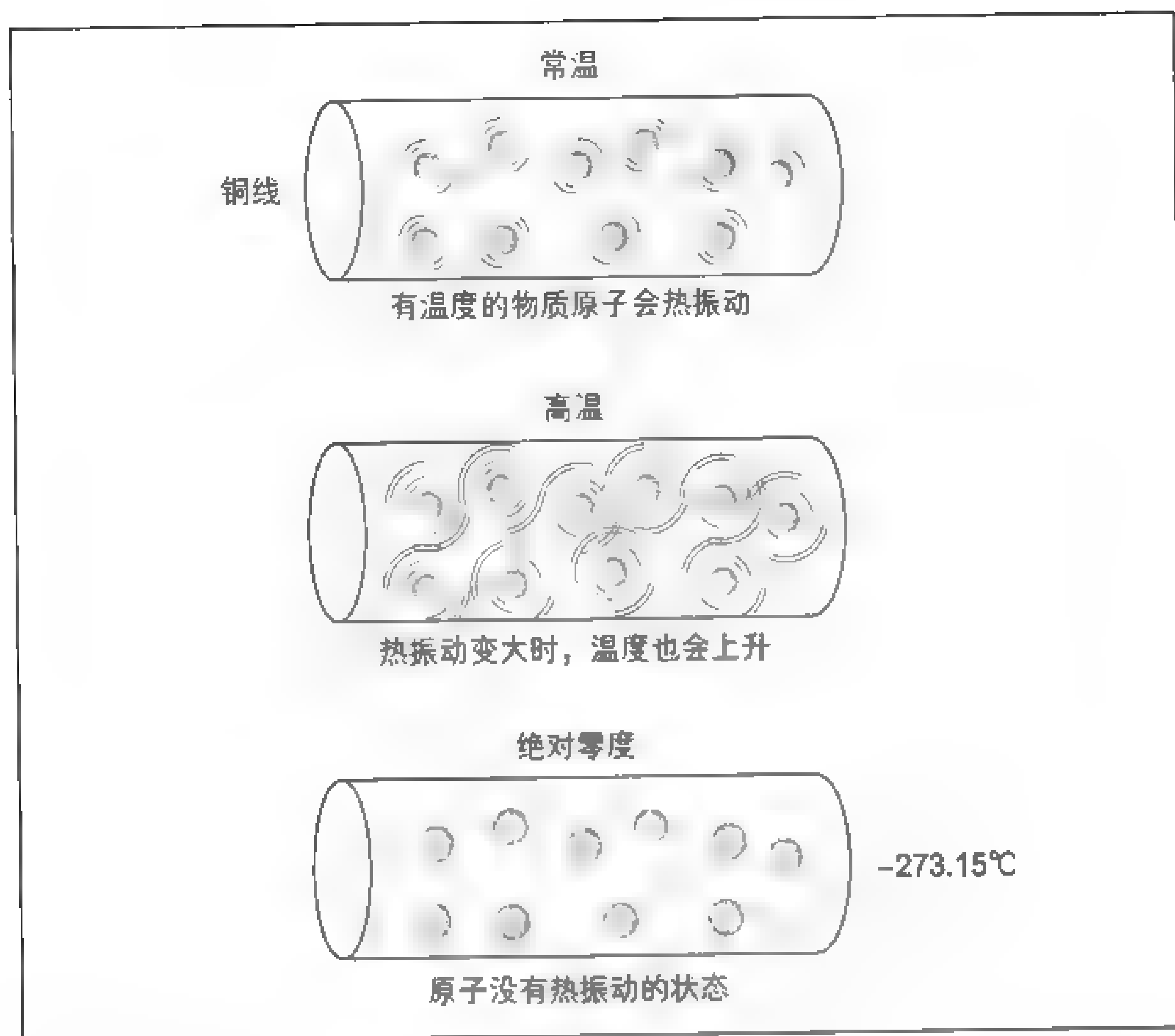
在电阻中因电流流动所产生的热称为焦耳热。例如，在电阻R中，电流I在t秒间流动时，所产生的热量可以用$I^2\times R\times t$来求出，符号为Q，单位为J（焦耳）（图3-1）。此外，1J相当于消耗功率1W·s。焦耳是以英国物理学家焦耳（James Prescott Joule）的名字命名的。在一个大气压下，要将1克的纯水，从14.5℃提升至15.5℃，每升高1℃所需要的热量约为4 2J，即相当于1cal(卡)。



◆ 图3-1 电阻和焦耳热

热振动

热究竟是什么呢？如同图3-2所示，构成物质的原子经常性地振动，这就是热振动（Hest shock）。热振动的大小即为温度的高低，而热振动所具备的能量即为热的真实面貌。若原子没有热振动，则此物体的温度会变得相当低。此时的温度就称为绝对零度，相当于−273.15℃。

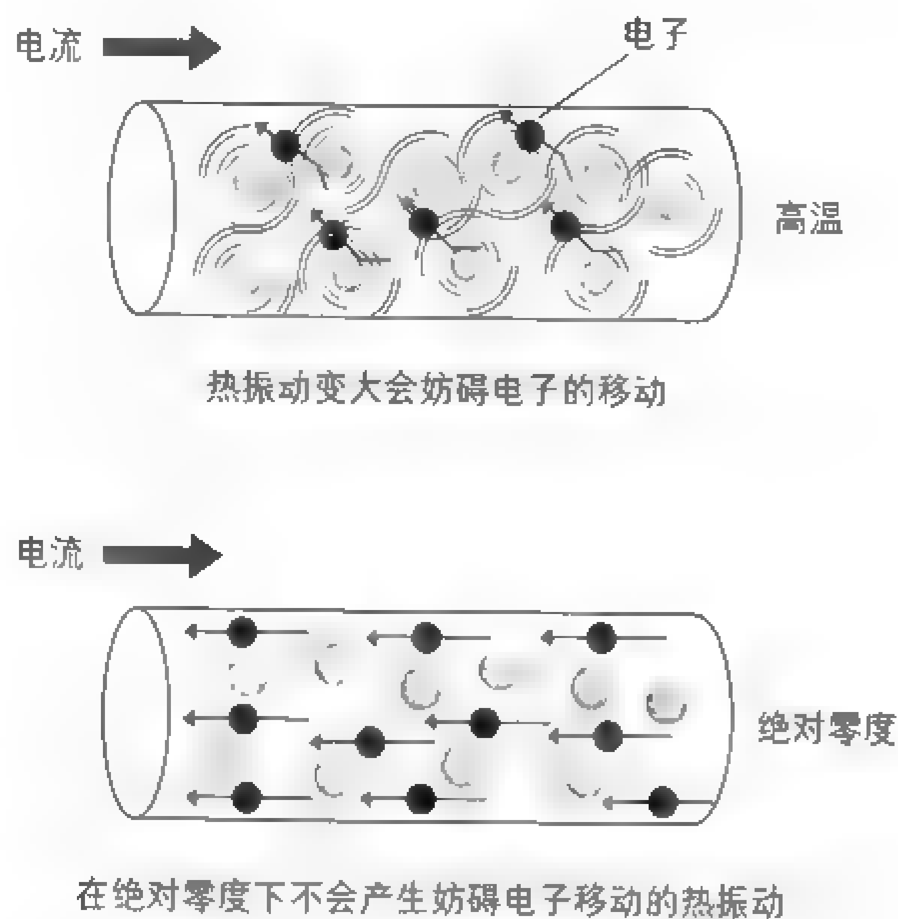


◆ 图3-2 热振动和温度

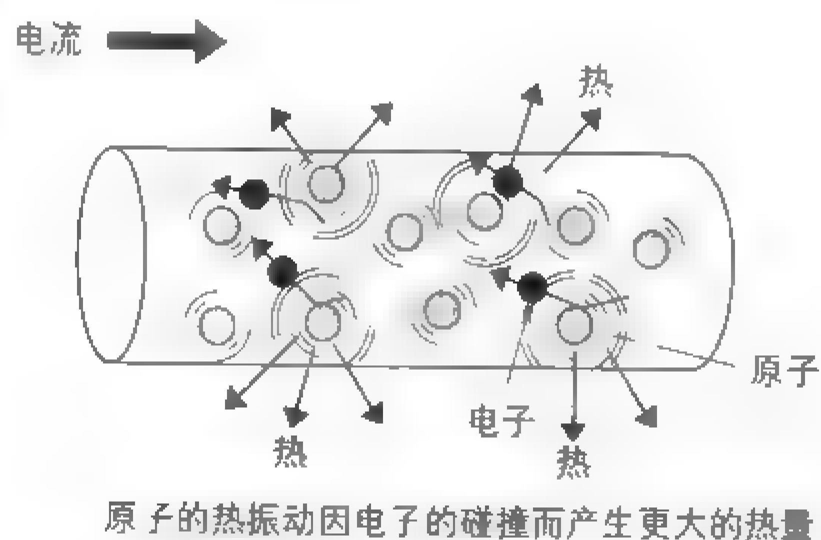
用作电线材料的铜线也具有很小的电阻。即使在常温下，原子的振动也会妨碍电子的移动，这就是电阻。将铜线的温度降至绝对零度后，铜的原子就会变为静止状态，因为电子不会和铜的原子碰撞从而可以顺畅地移动。此时，电阻变为零，这种现象称为超导现象(图3-3)。

若电线的电阻为零，则因电流流动产生的焦耳热的损失就会消失。然而，实际上物质的温度不可能下降至绝对零度，因此目前针对在高于绝对零度的温度之下，所引起的高温超导现象的相关研究正在进行中。

电流在铜线中流动时，电子和铜原子产生激烈碰撞，从而使振动更为增大。因此产生热量(图3-4)。此外，由于原子振动变大，电子也变得无法顺畅地移动。换句话说，也就是电阻会增加。金属的温度一旦上升，电阻也会跟着增加。反之，当温度下降时，电阻便会随之减小。



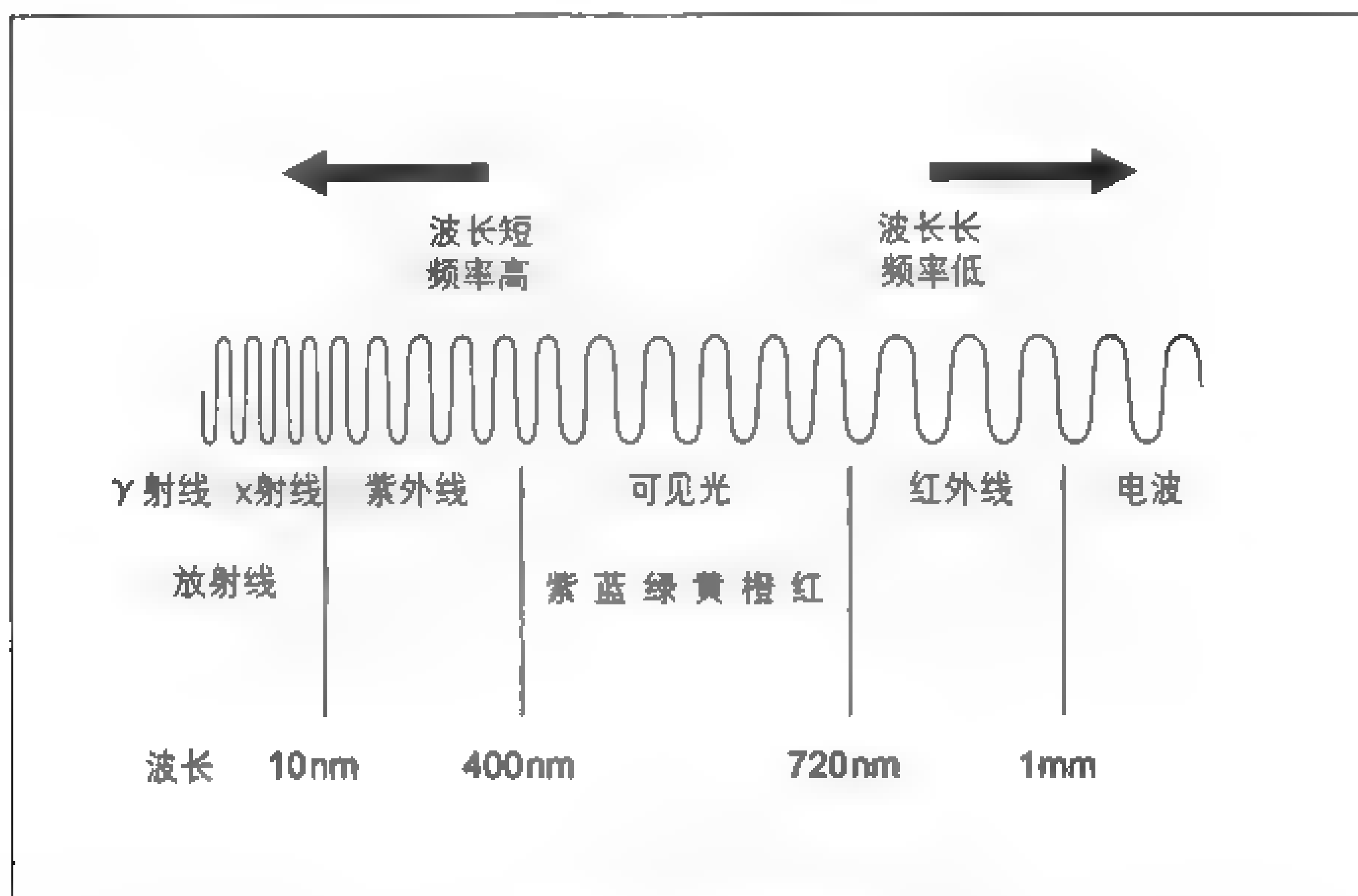
◆ 图3-3 超导和电流



◆ 图3-4 电子的碰撞和热量的产生

电磁波

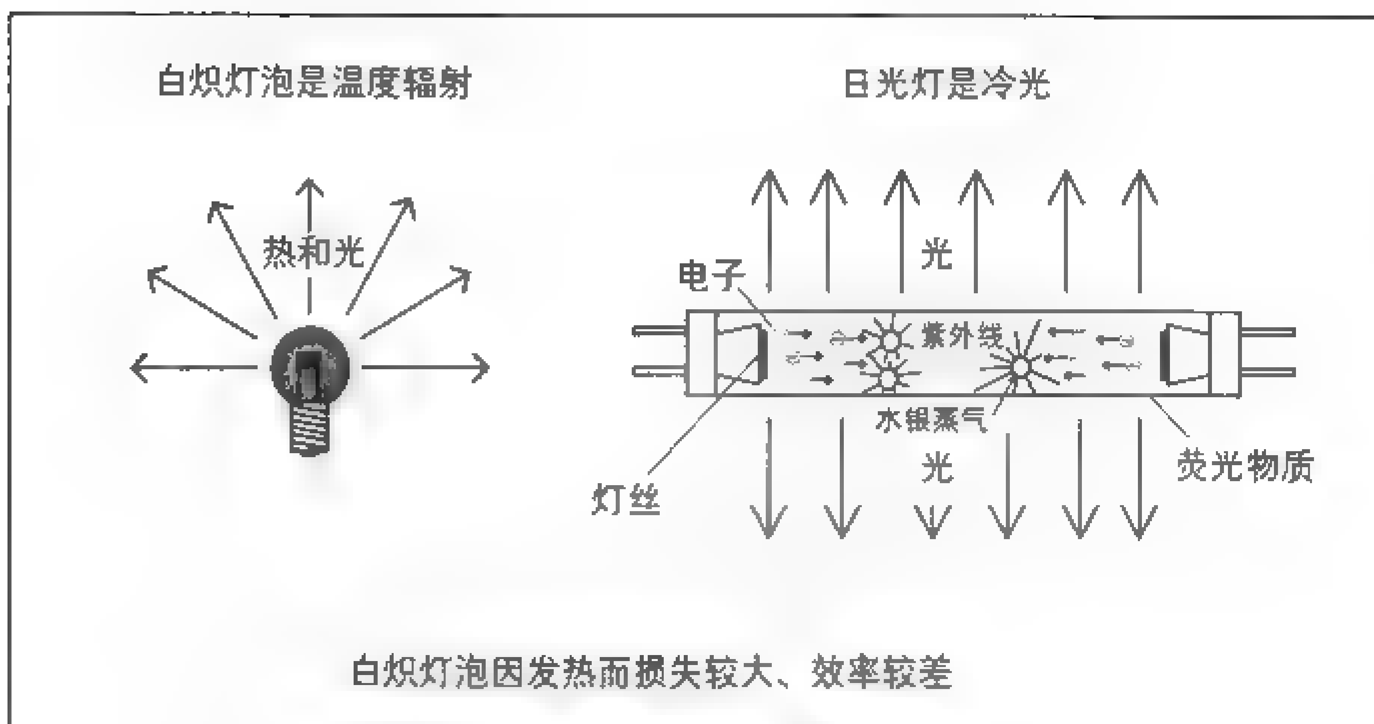
电流在电阻中流动，使温度上升而发热。最初会放射出肉眼看不见的红外线。红外线又称为热线，具备热能，为电磁波的一种。电磁波的波长较长，其中包含电波、红外线、可见光、紫外线、X射线等。电波可用于电视或广播及船舶通信等领域，由于可见光涵盖了波长较长的红色至波长较短的紫色，因此依波长不同，颜色随之发生变化（图3-5）。



◆ 图3-5 电磁波的波长和分类

由物质放射出红外线，当温度再提高时，则会放射出可见光。这种当物质温度上升，热能以电磁波的形态被放射出来的现象称为温度辐射，被应用在白炽灯泡等的发光原理上。温度辐射在低温时放出红光，一旦温度上升，则变为蓝白光。

由温度辐射所引起的发光几乎都会转化为热能，因此，若当作照明使用则效率较差。另一方面，温度辐射以外的发光称为冷光，是不会产生热量的光。因此，冷光便应用在日光灯的发光领域。日光灯由灯丝（Filament）散发出的电子和日光灯管内的水银原子相互碰撞，此时产生的紫外线激起日光灯管内侧的荧光物质，从而产生可见光。日光灯的发光效率很好，相同的耗电量即可放射出白炽灯泡4倍以上的光。

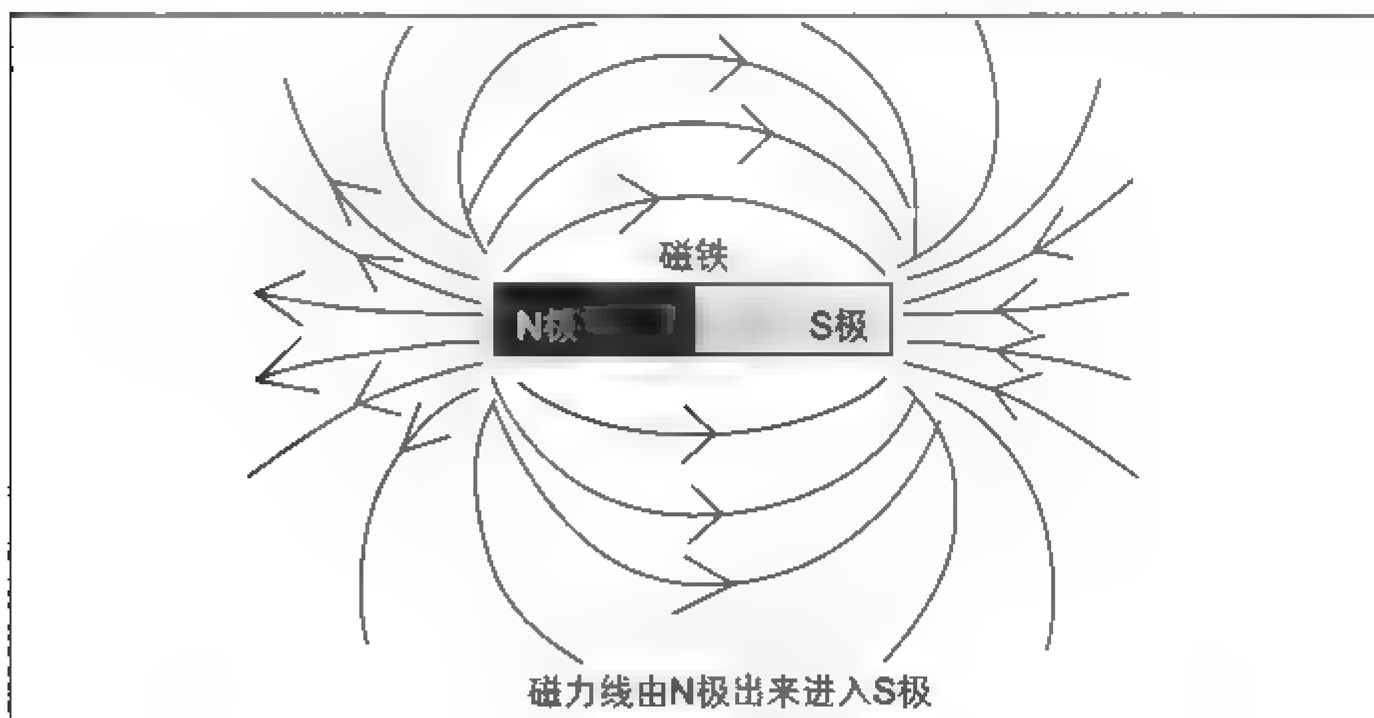


◆ 图3-6 白光灯泡和日光灯的发光

如上所述，发光现象中有温度辐射及冷光两种。

电和磁

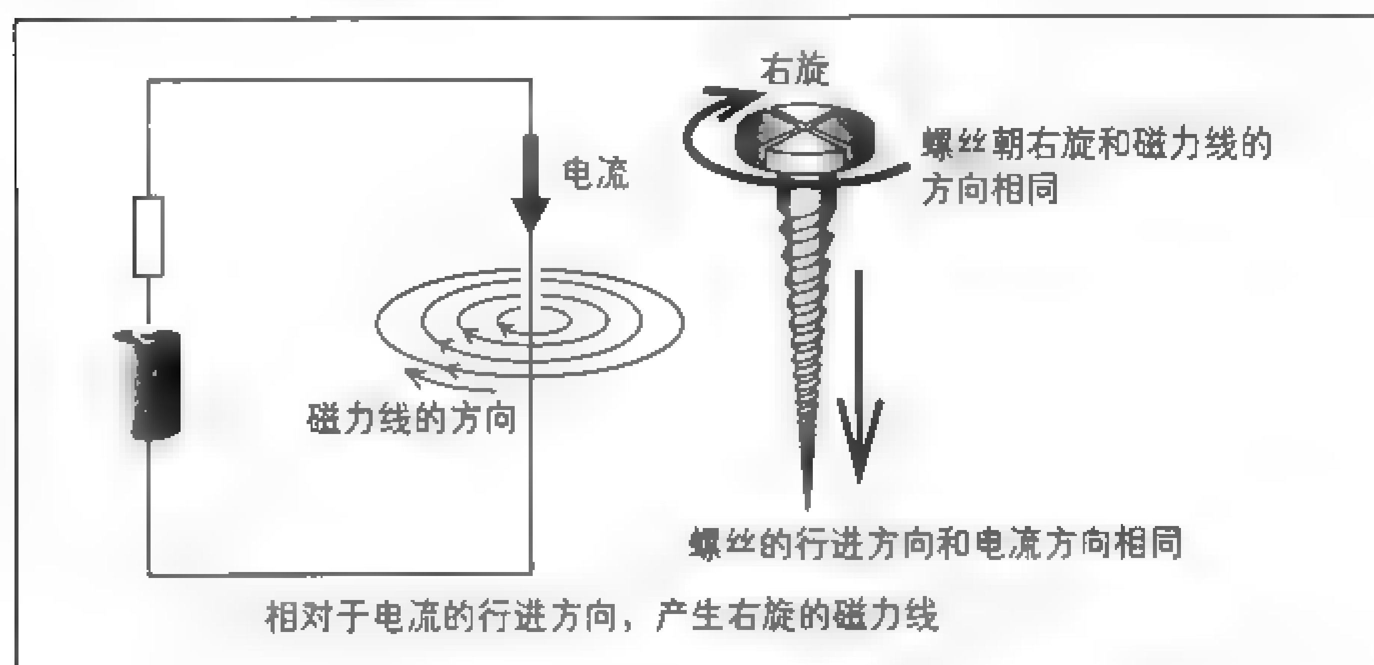
这是将铁砂洒在放置于纸上的磁铁棒后，所产生的线状图形。将此假设为由磁极发生的线，称为磁力线。磁力线为固定由N极流向S极的线。



◆ 图3-7 磁铁和磁力线

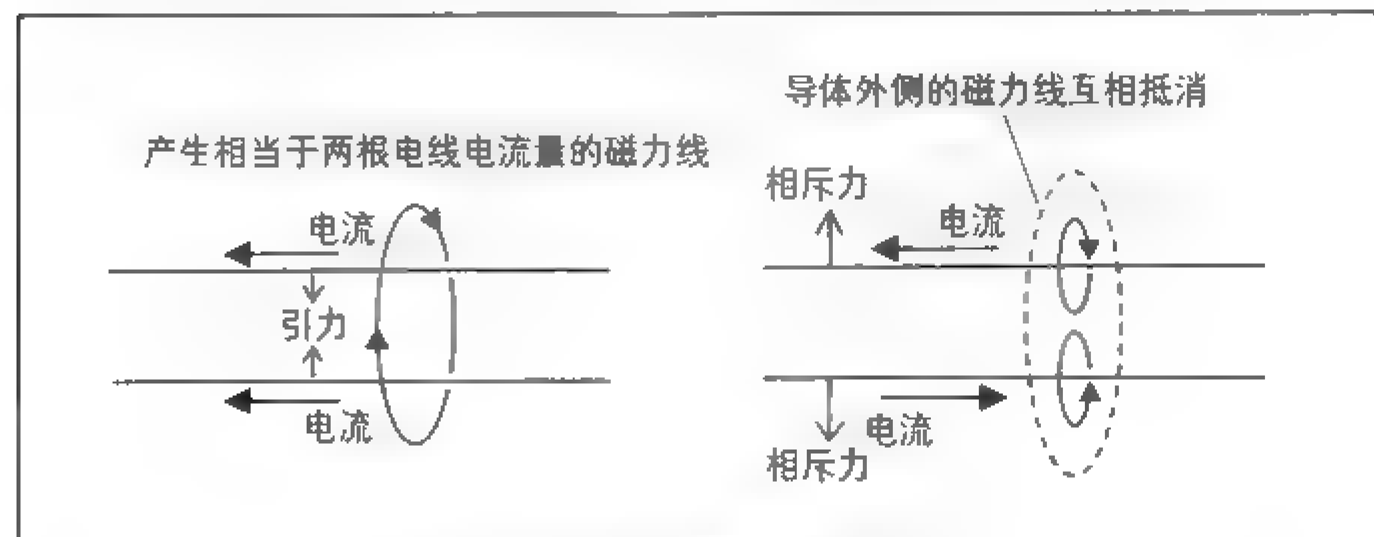
磁力线在电流流动时也会发生，这在电的应用上是非常重要的现象，我们所使用的许多电器产品都是利用这个现象工作的。

电流在电线中流动时，会产生相对于行进方向右旋转的磁力线。这就称为安培右螺旋定则。此磁力线随电流的强弱不同，而发生大小变化，而电流的方向一旦改变，磁力线的方向也会随之改变。



◆ 图3-8 安培右螺旋定则

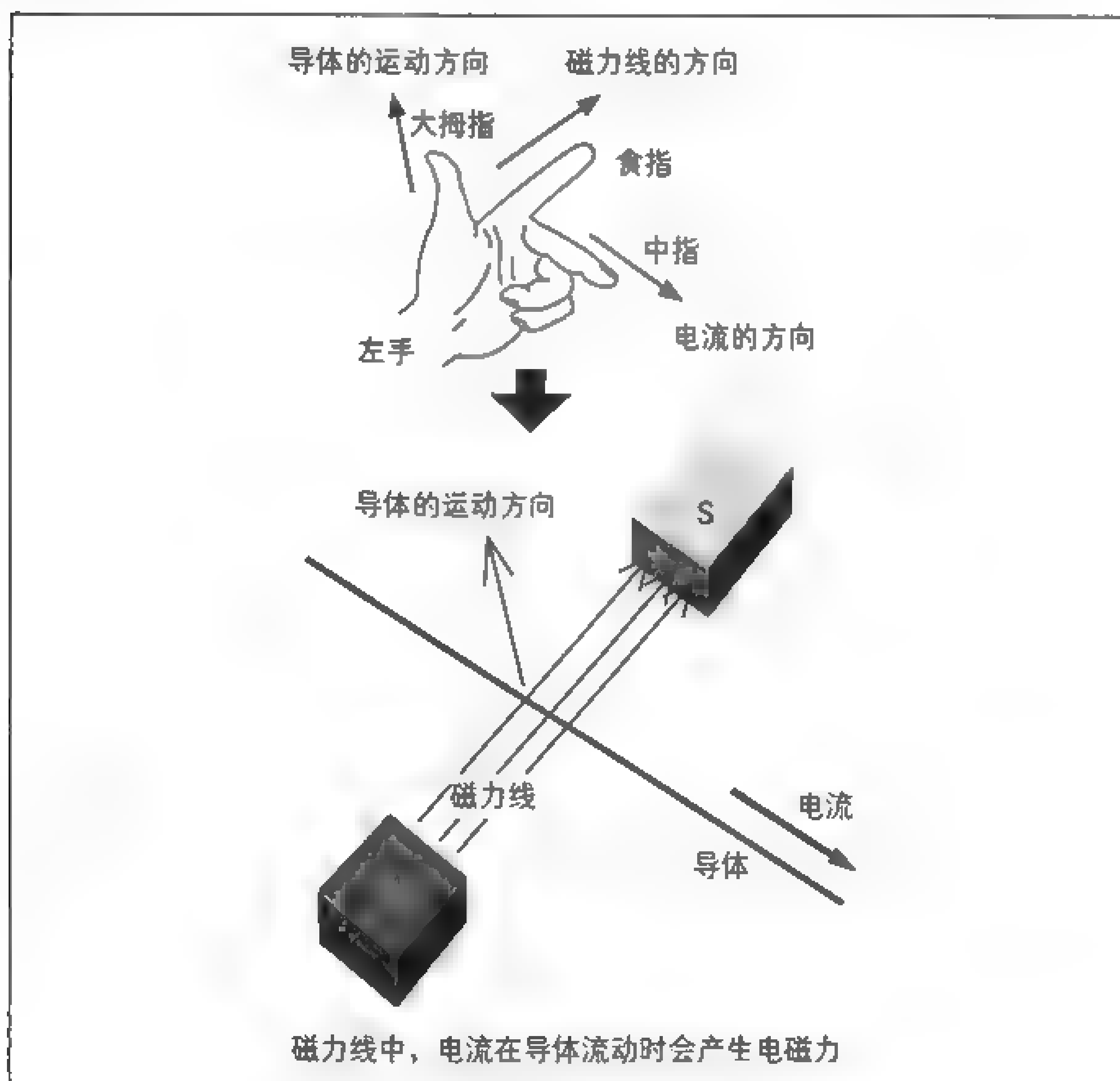
在两根电线并列的情况下，若有同方向大小的电流流动，则各自产生的磁力线会合在一起，并在2个导体的周围产生相当于两根电线电流量的磁力线。此时，2根电线间便会产生引力。接下来，若电流的方向相反，则两根电线间便会产生相斥力。此时，电线周围的磁力线会互相抵消而变小。



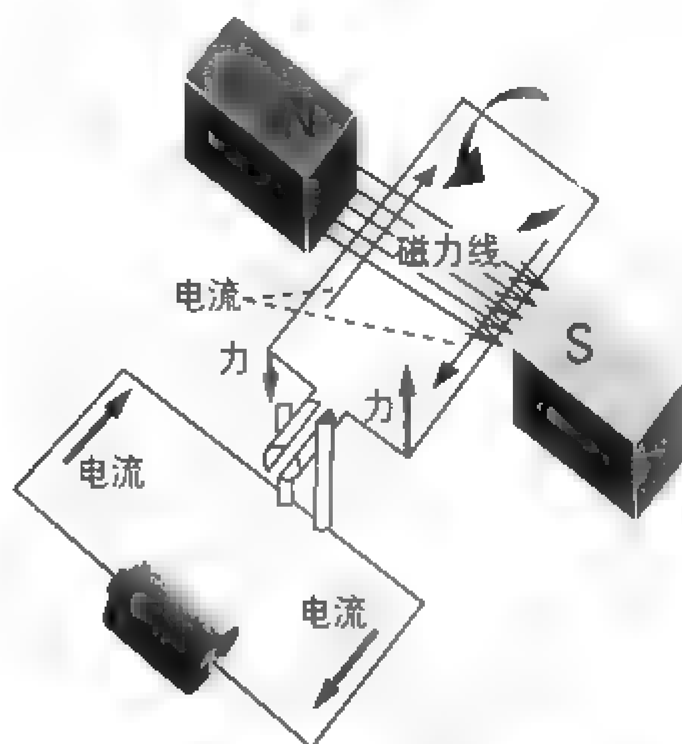
◆ 图3-9 在2个导体间流动的电流及产生的力

弗莱明左手法则与电动机

使电流在磁力线中的导体中流动，导体会产生电磁力。此时，弗莱明左手法则可简易地表示磁力线、电流及力的运动方向之间的关系。此法则为：左手的大拇指、食指及中指呈弯曲且互为直角，将食指视为磁力线的方向，将中指视为电流的方向，而导体的运动方向（电磁力的方向）则为大拇指所示的方向。这是以英国的电工学家弗莱明（John Ambrose Fleming）的名字命名的。电动机的运动方向即依照弗莱明左手法则运转。



◆ 图3-10 弗莱明左手法则



电动机是借由电流在磁力线的导体中流动，进而在导体上产生电磁力从而运转的

◆ 图3-11 电动机的运转

弗莱明右手法则与发电机

发电机所产生的电力的方向，可以由弗莱明右手法则得知。如图3-12所示，导体运转于磁铁之间时，由于磁铁N极至S极的磁力线会横切过导体，导体便会产生电动势而使电流流动。此时，弗莱明右手法则可以简易地表示磁力线、导体的运动方向及电流的流向三者之间的关系。右手的大拇指、食指及中指互相弯曲成直角，若设食指为磁力线的方向，导体的运动方向为大拇指的方向，则中指的方向即为电流的方向。

磁力线的方向

导体的移动方向

产生的电流方向

右手

电线的移动方向

S

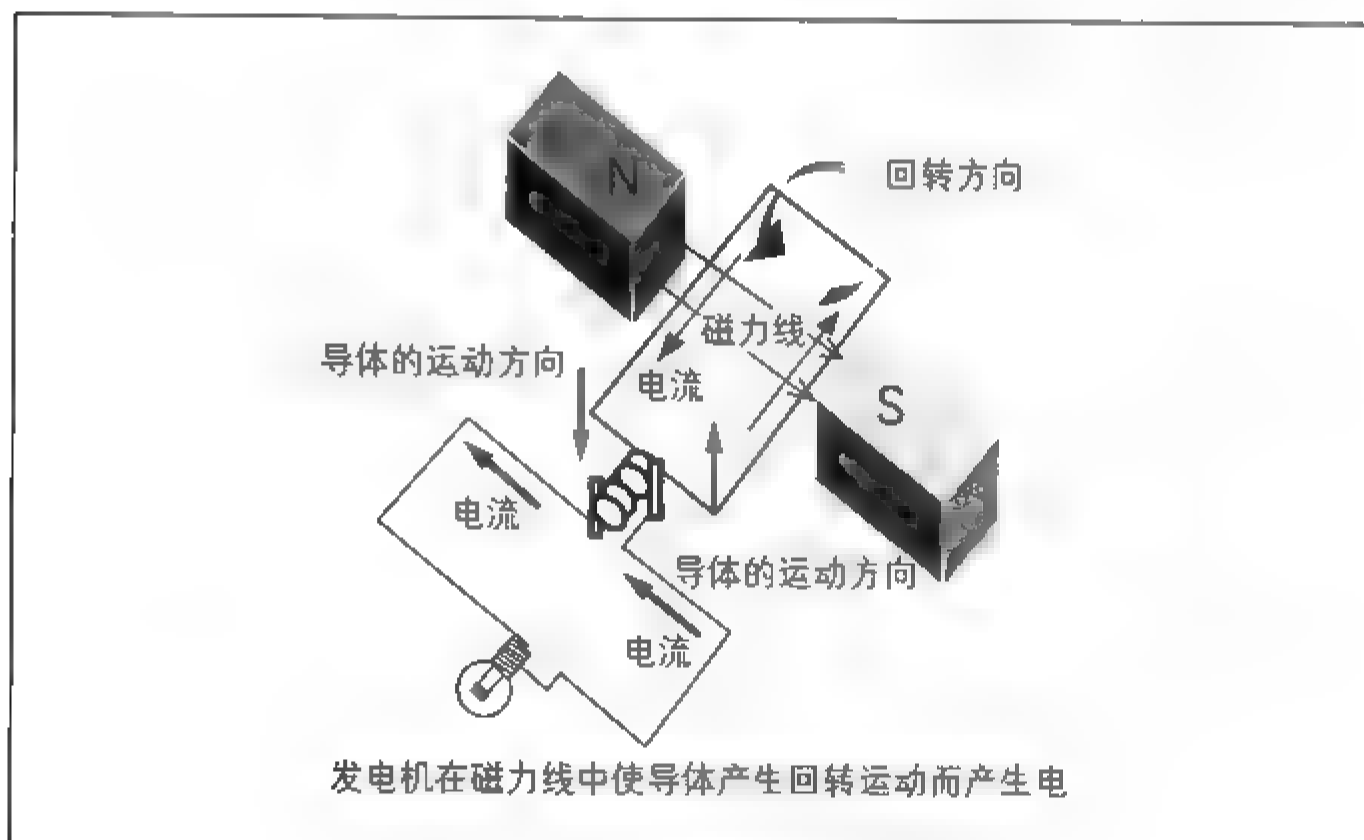
导体

电流

磁力线

磁力线中导体移动时，电流就会流动

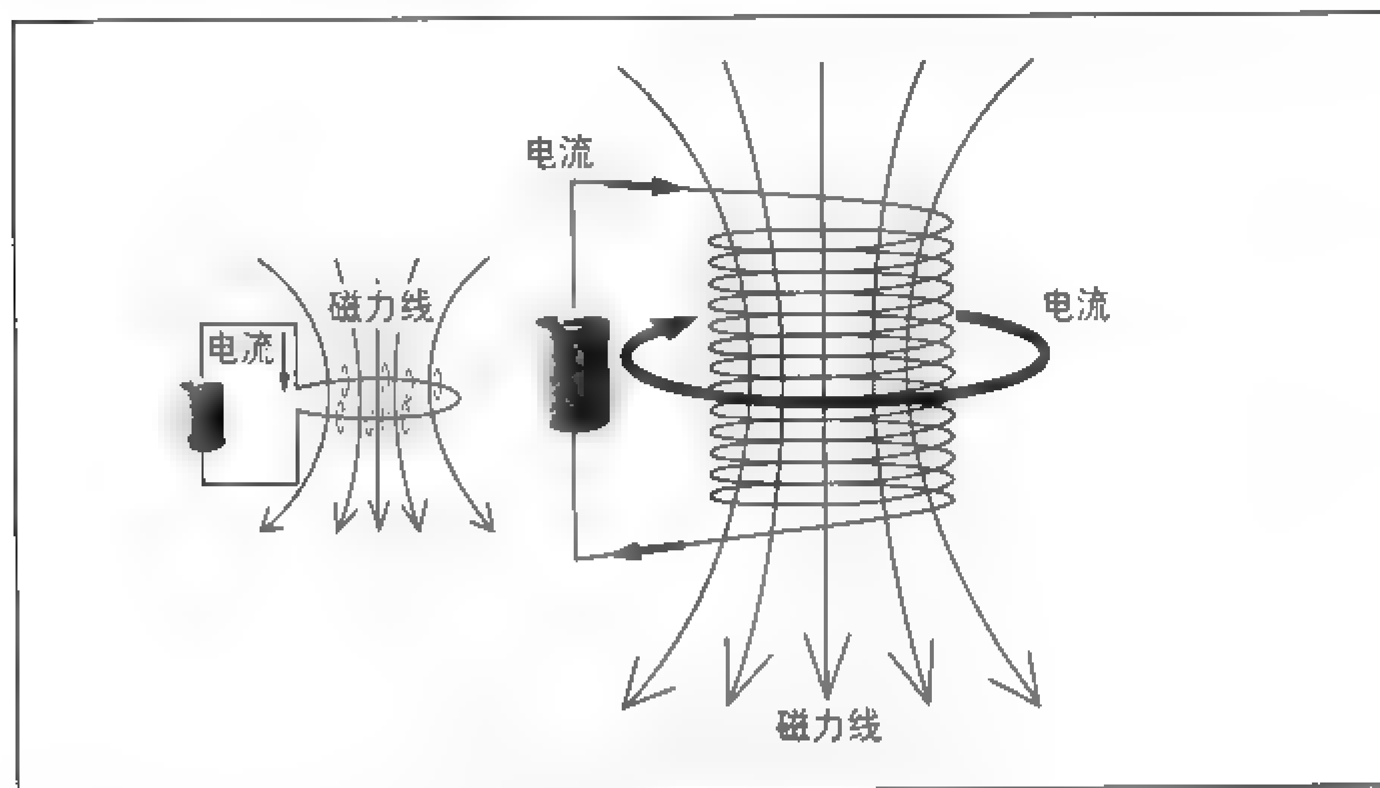
◆ 图3-12 弗莱明右手法则



◆ 图3-13 发电机所产生的电

电和线圈

线圈由电线卷成。如图3-14所示，电流在线圈流动时，会产生通过线圈内侧的磁力线。在此加入铁心后，磁力线会更加集中而变成强力的电磁铁。电磁铁的强度和电流及线圈的乘积成正比，若将电流流向颠倒，则电磁石的极性也会相反。此外，若电线断电，则铁心的磁力就会消失。

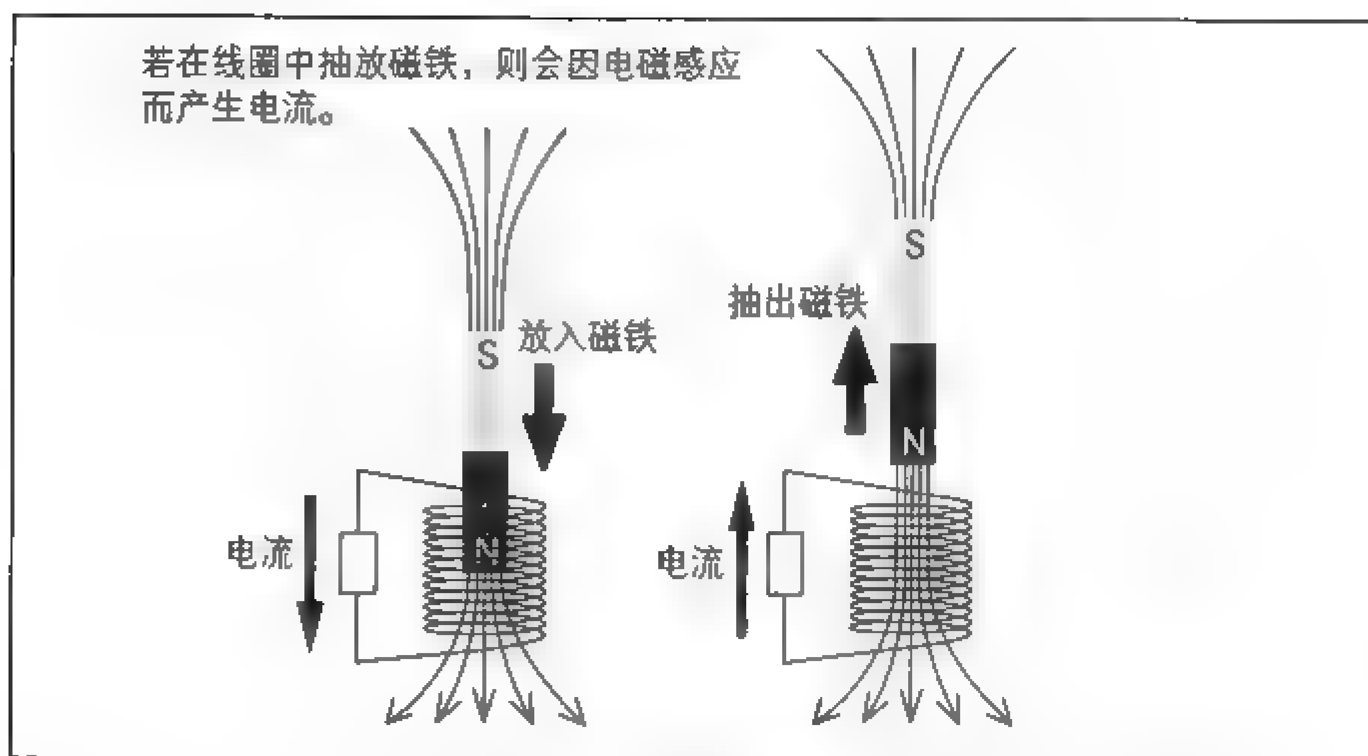


◆ 图3-14 线圈所产生的磁力线

线圈和电磁感应

只要磁铁开始运动，线圈中就会产生电流。若改变磁铁运动方向，则电流的方向也会改变。这类现象称为电磁感应(Electromagnetic Induction)，而此时产生的电称为感应电动势。而此电流称为感应电流（图3-15）。

"由电磁感应所产生的电流，其产生的磁力线会妨碍磁铁的运动。"这称为"楞次定律"(Lentz's Law)，是由俄罗斯物理学家楞次(Heinrich Friedrich Emil Lentz)发现的。

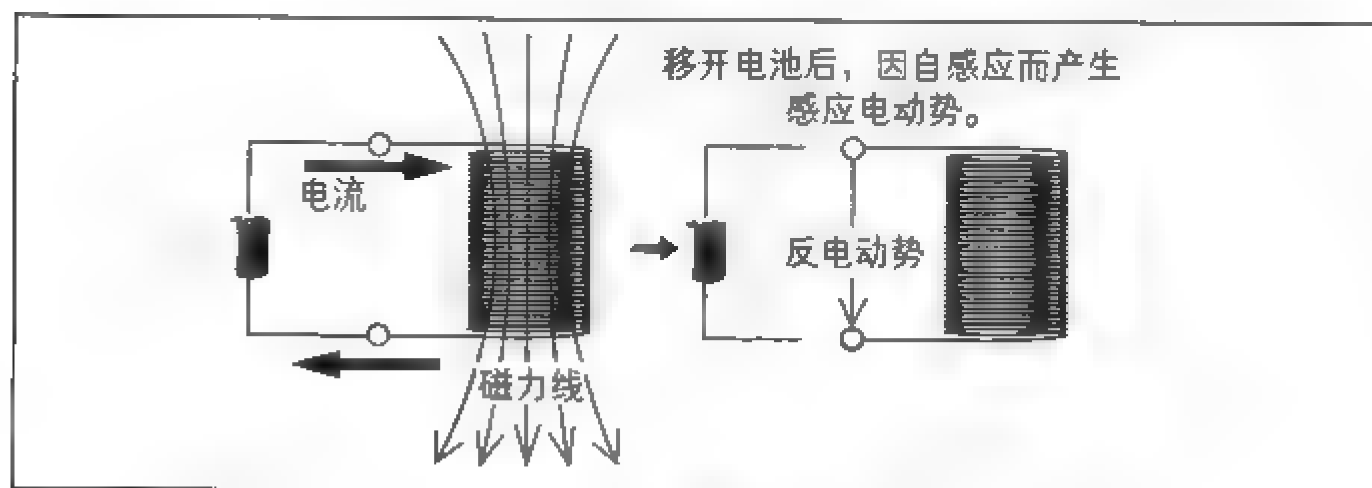


◆ 图3-15 电磁感应

线圈和自感应

将线圈接上干电池，使电流流动后，会产生磁力线而变为电磁铁，但电流开始流动时，会产生磁力线且磁力线还会变大。此时，变化的磁力线会使线圈本身产生感应电动势。这就称为自感应（Self-induction）（图3-16）。

切断线圈的电流后，磁力线也会因电流消失而产生变化，进而引发感应电动势。感应电动势的方向为妨碍在线圈内流动的电流方向，因此又称为反电动势（Back Electro Motive Force）。一般反电动势可简易地确认。将线圈接上干电池，待电流流动后，即会产生磁力线。电流固定时虽不会产生反电动势，但取下电池切断电流后，因为所产生的磁力线会变小而产生变化。此时线圈的两端会因反电动势而产生电压。



◆ 图3-16 线圈的自感应

线圈和交流电

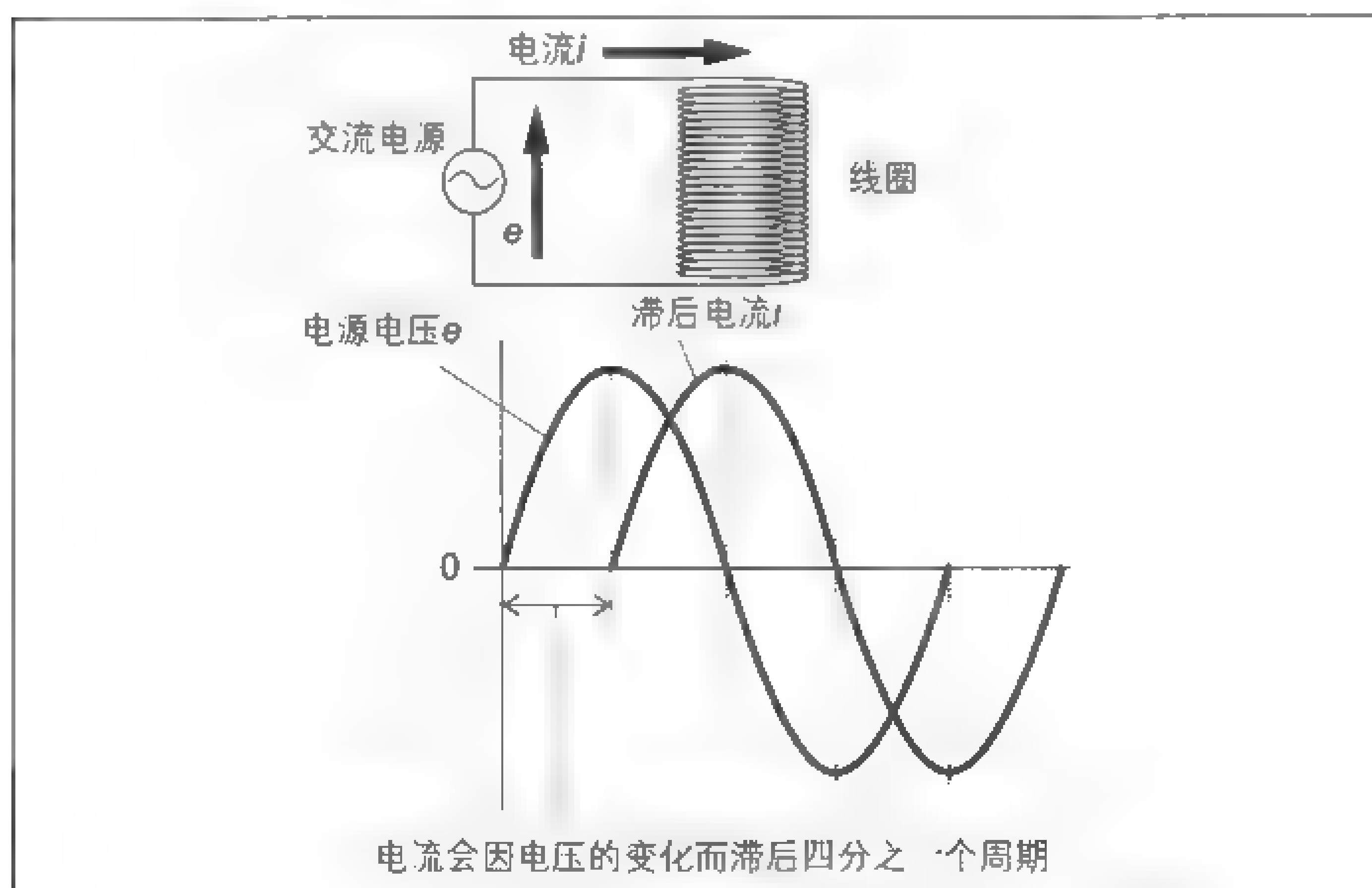
交流电的大小经常在变化。交流电在线圈内流动时，线圈上会产生妨碍电流流动方向的感应电动势，使得电流会因电源电压的变化而滞后（延后）四分之一个周期流动。这就称为滞后电流（Lagging Current）。配有线圈的马达等电器产品中通常会有滞后电流（图3-17）流动。此外，像这样产生的时间差，就称为相位差（Phase Difference）。以上的情形，线圈会对交流电形成电阻，这就称为感抗（Inductive Reactance），其大小和频率成正比。

消耗功率用电压及电流的乘积来表示，当电压和电流在波动时间上一致时，电力可执行100%的工作。这就称为"功率因数（Power Factor）为100%"。若电流滞后且功率低于100%，则可以称为"功率因数较差"。

若功率因数差，由于电源输入的电力无法执行100%的工作，因此需要更大容量的电源。另外，消耗功率和输入电力的比例即为功率因数。

$$功率因数=\frac{消耗功率}{输入电力}$$

功率因数差是指由于电流未执行工作即回到电源的情况。



◆ 图3-17 流于线圈的滞后电流

线圈和变压器

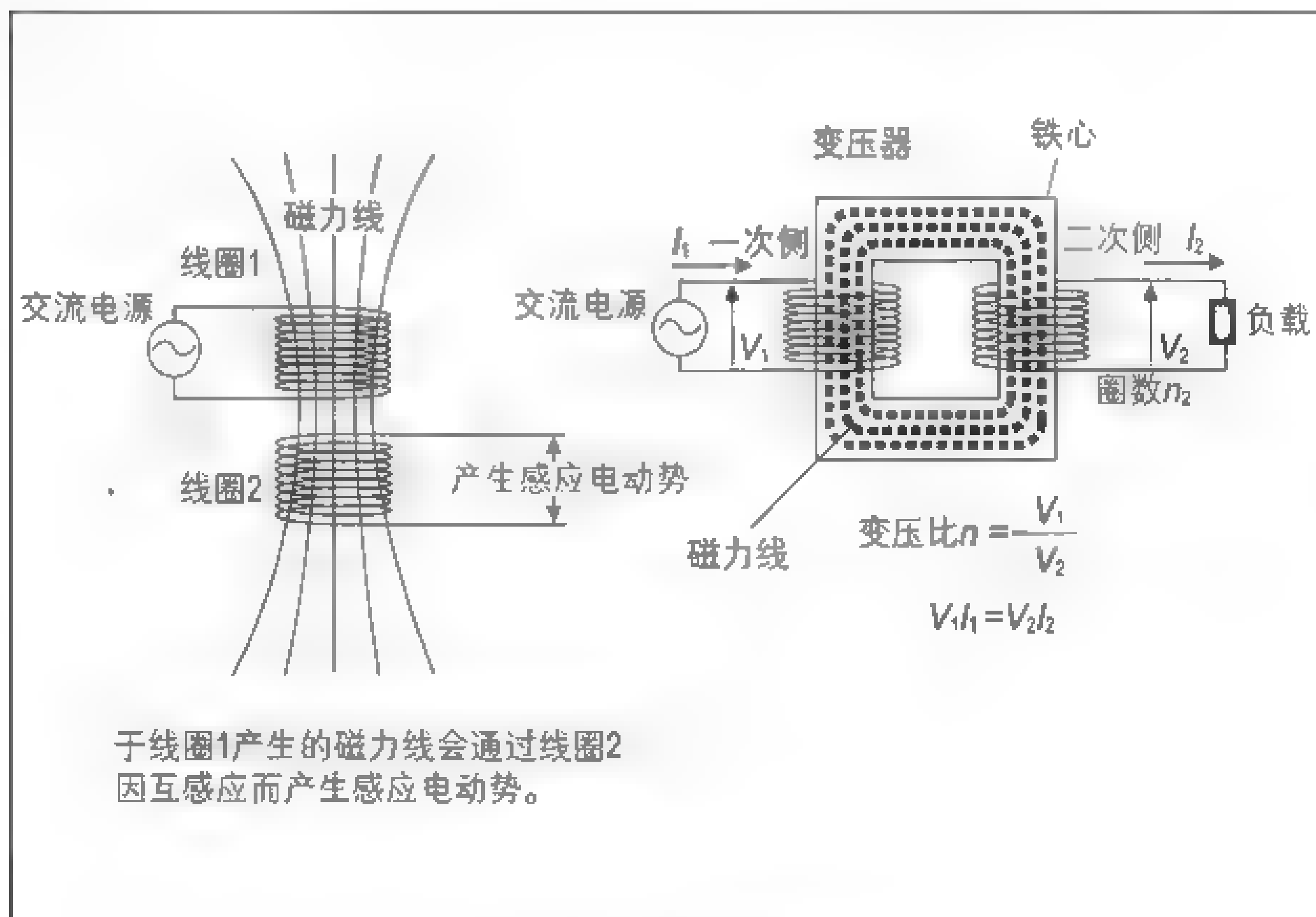
变压器为可以借由电磁感应改变交流电压的装置，英文为Transformer。

线圈1与交流电源相连后会产生磁力线。此磁力线在线圈2中产生变化时，会在线圈2中产生感应电动势，此现象就称为互感应（Mutual Induction）。变压器就是利用这一现象来改变电压的电器（图3-18）。

在铁心上缠上两个线圈，将线圈1与交流电源相连后，产生磁力线通过铁心。由于线圈2也同样卷在铁心上，因此线圈2的磁力线也会发生变化，而于线圈2产生感应电动势。

变压器的电源侧称为一次侧，负载侧称为二次侧。在二次侧产生的电压是以一次侧线圈圈数n_1和二次侧线圈圈数n_2的圈数比来决定的。例如，当二次侧线圈圈数为一次侧的两倍时，则二次侧会产生两倍的电压。此时，在二次侧线圈流动的电流是在一次侧线圈流动电流的一半。

一次侧的电压V_1和二次侧电压V_2的比称为变压比。一次侧的电压和电流的乘积与二次侧的电压和电流的乘积相等。换句话说，变压器是不会改变电力大小，而仅改变电压的电器产品。



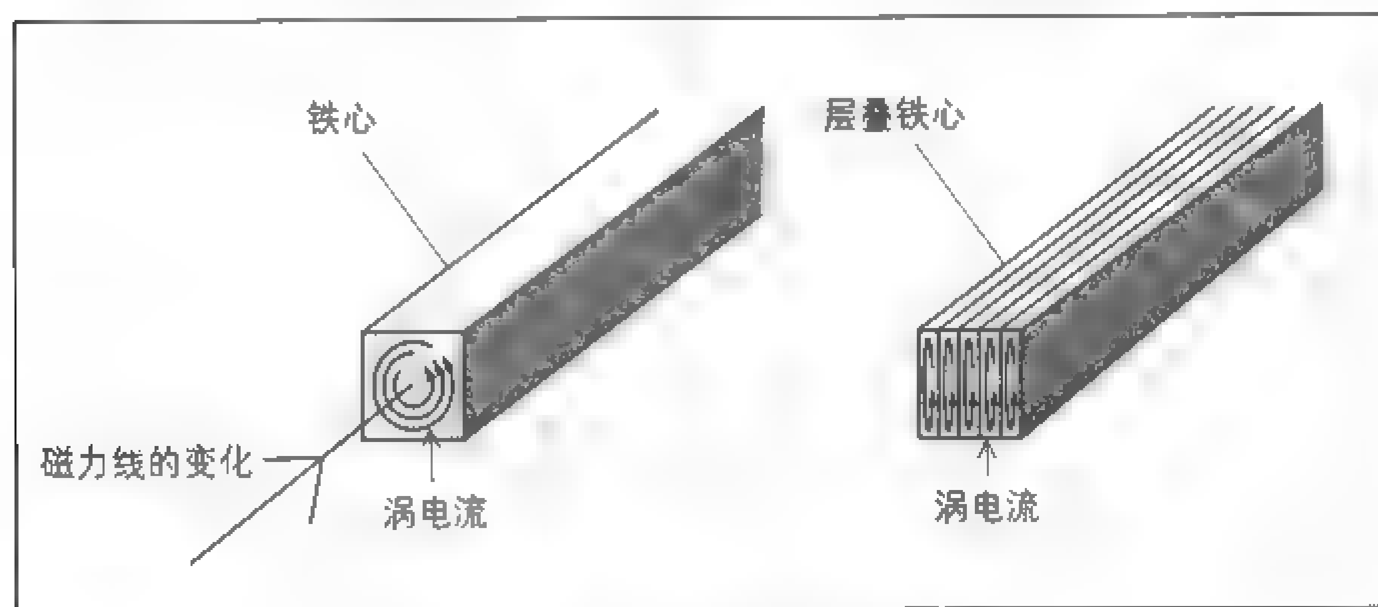
◆ 图3-18 互感应和变压器

变压器的损耗

实际情况下，变压过程会因铁心或铜线产生铁损（Iron Loss）或铜损（Copper Loss），而使得二次侧的电力变小。

铁损是指铁心内磁力线改变时，就会有如图3-19所示的涡电流（Eddy Current）流动而造成的涡流损耗（Eddy Current Loss），以及磁分子相互摩擦所造成的磁滞损耗（Hysteresis Loss）两者加总所得，又可称为空载损耗（No Load Loss）。为了防止涡电流的产生，一般会在铁心间层层加入电气绝缘的薄矽铁片的层叠铁心。

铜损是因电流流于线圈内，因电阻而产生的焦耳热造成的损失，也可以称为负载损耗（Load Loss）。



◆ 图3-19 产生于铁心的涡电流

电容器是什么

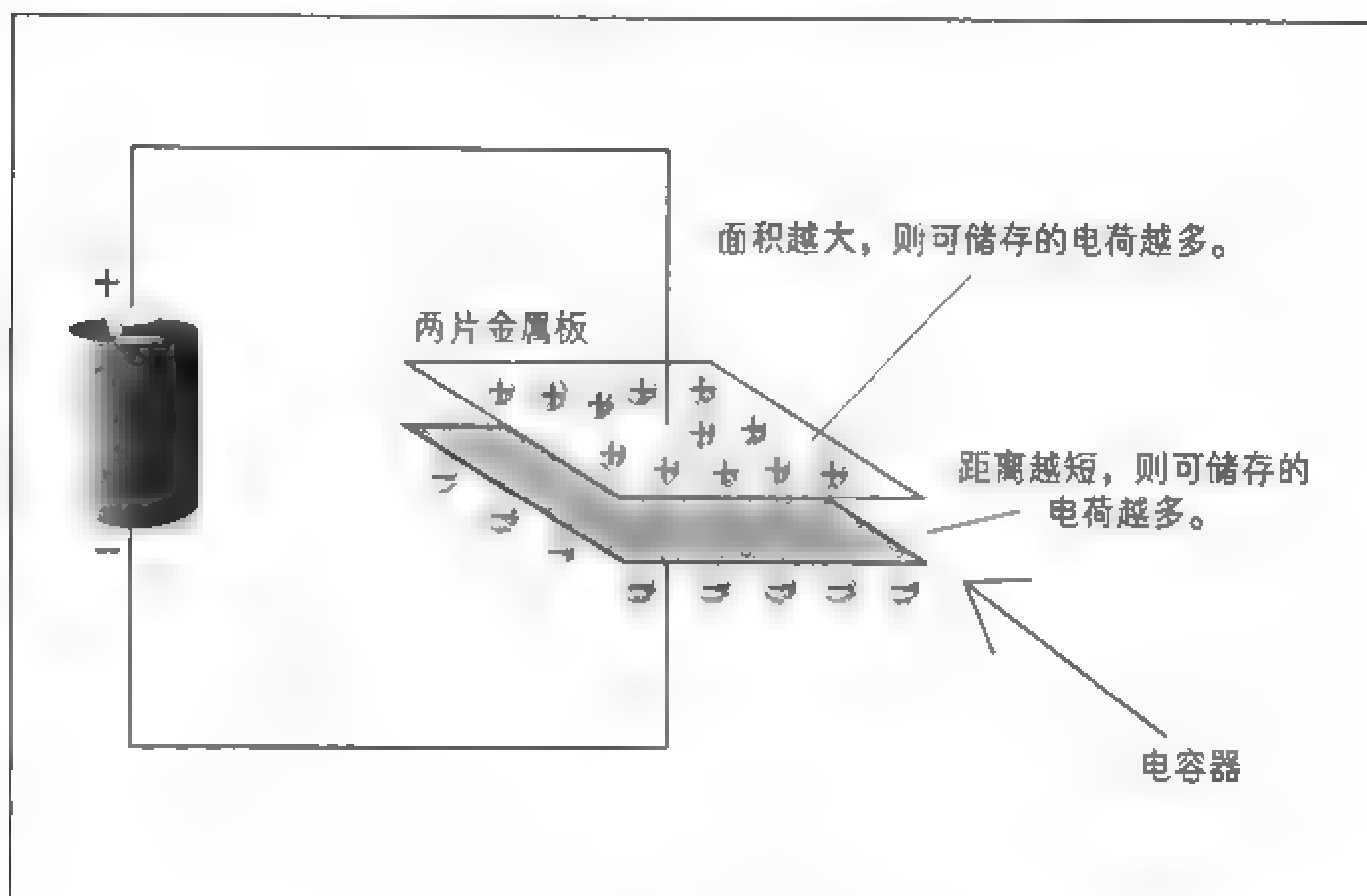
如图3-20所示，以2片金属板包夹绝缘体，再接上干电池时，电子会由干电池的负极移动到下侧的金属板而带电。此时，由于上侧的金属板的电子朝向干电池的正极移动，因此上侧的金属板会带正电。此时，金属板呈现储存电荷的状态。

这种储存电荷的物体称为电容器（Condenser），而将电荷储存在金属板的过程就称为充电。

直到电荷被储存，且电子的移动停止之前，电流会流动一下子。亦即，将电容器与直流电源相接后，电流只会在最开始时流动，随后便会停止。在此状态下取下干电池的话，金属板就会维持储存电荷的状态。而若将干电池反向连接，则会造成被储存的

电荷流失，即放电，从而使电容器以反方向被充电。

像这样，电容器可储存电荷的能力称为静电容量（Electrostatic Capacity），而其大小和金属板的面积成正比，和金属板之间的距离成反比。



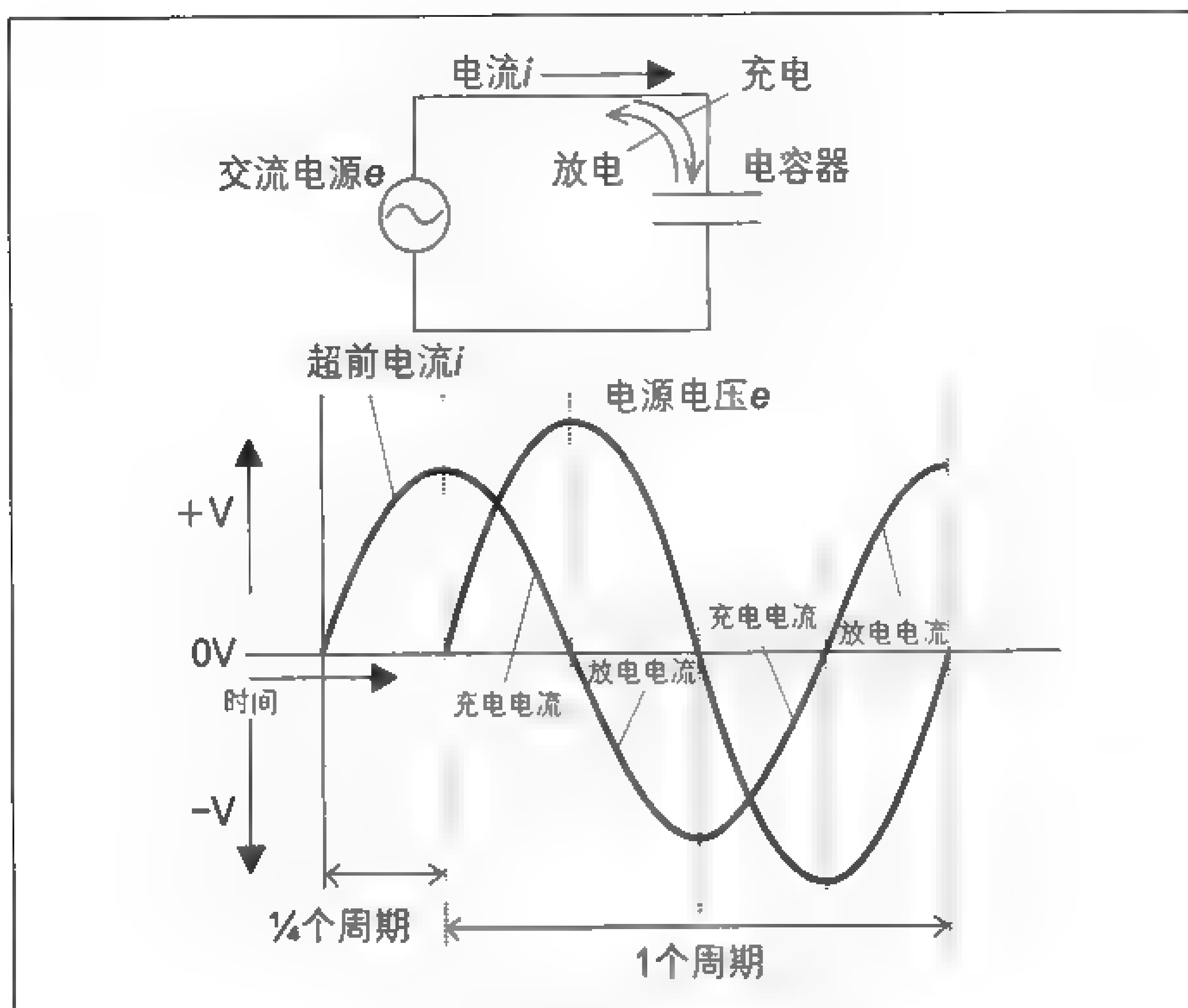
◆ 图3-20 储存于电容器的电荷

电容器和电流

对电容器施加交流电电压时，充电电流会流动直到电源电压从0（V）增至最大为止，当电源电压为最大值时，电流会变为0。电源电压由最大值开始下降后，就会开始放电，当电源电压为0（V）时，放电电流最大。自此，电源电压的极性改变，而充电电流再度开始流动，当电源电压大到反极性的最大值时，充电就会停止，然后再开始放电。

就像这样，将交流电源与电容器连接到一起时，因电源电压的变化，使得电流的变化会快四分之一个周期，这就称为超前电流（Leading Current）（图3-21）。

此外，电容器会对交流电产生电阻般妨碍的作用。这就称为容抗（Capacitive Reactance），其大小和频率成反比。



◆ 图3-21 电容器中的超前电流

若交流电路中有线圈，则电流会变慢，而使功率因数变差。然而若与电容器相接，则电流会超前，使功率因数变佳。

交流电路中，除电阻之外，电容器和线圈也有如电阻般的妨碍作用，这就称为阻抗(Impedance)。

第4章
发电原理

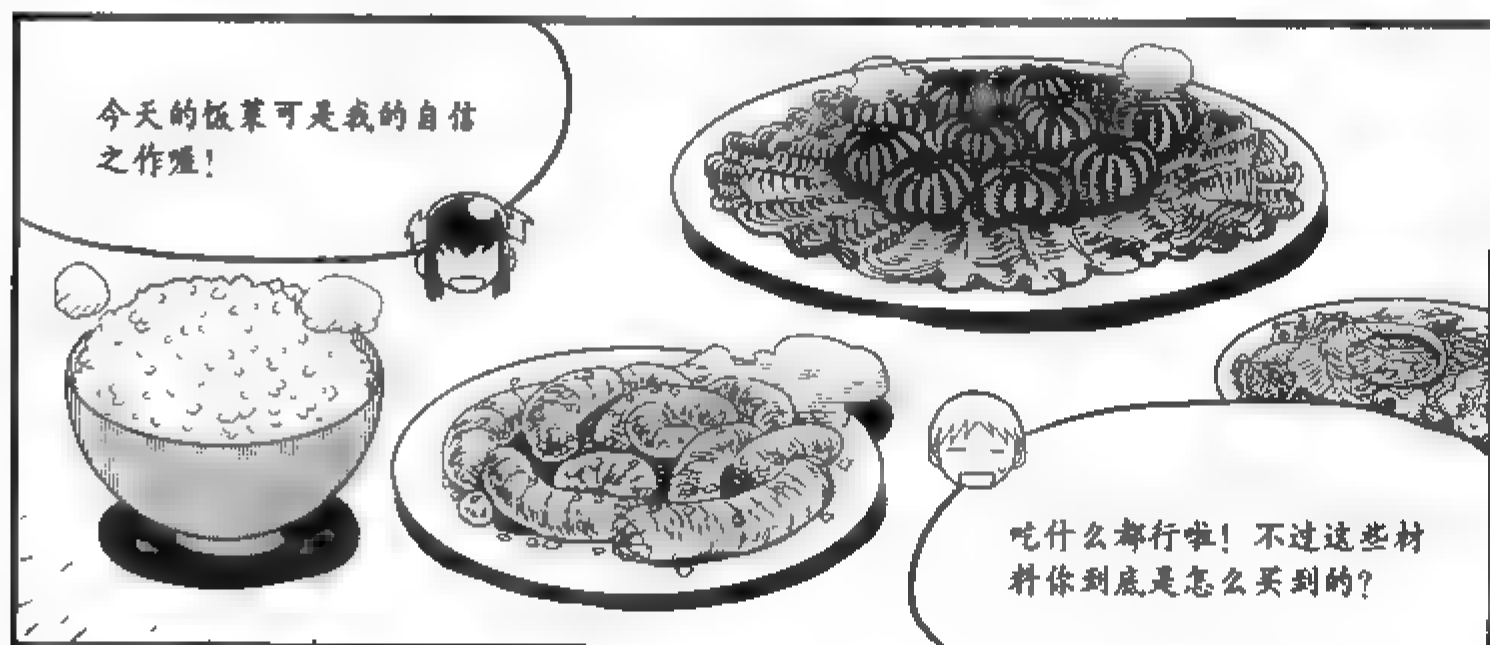


1.用发电机发电


我回来了。
欢迎回家！


小光老师，要先吃饭还是先洗澡呢？


还·是·要……
啊！
先吃饭吧！
我饿了！
慌忙……


今天的饭菜可是我的自信之作哦！
吃什么都行啦！不过这些材料你到底是怎么买到的？


味道倒是不错……
吞
话说回来，我们这样……

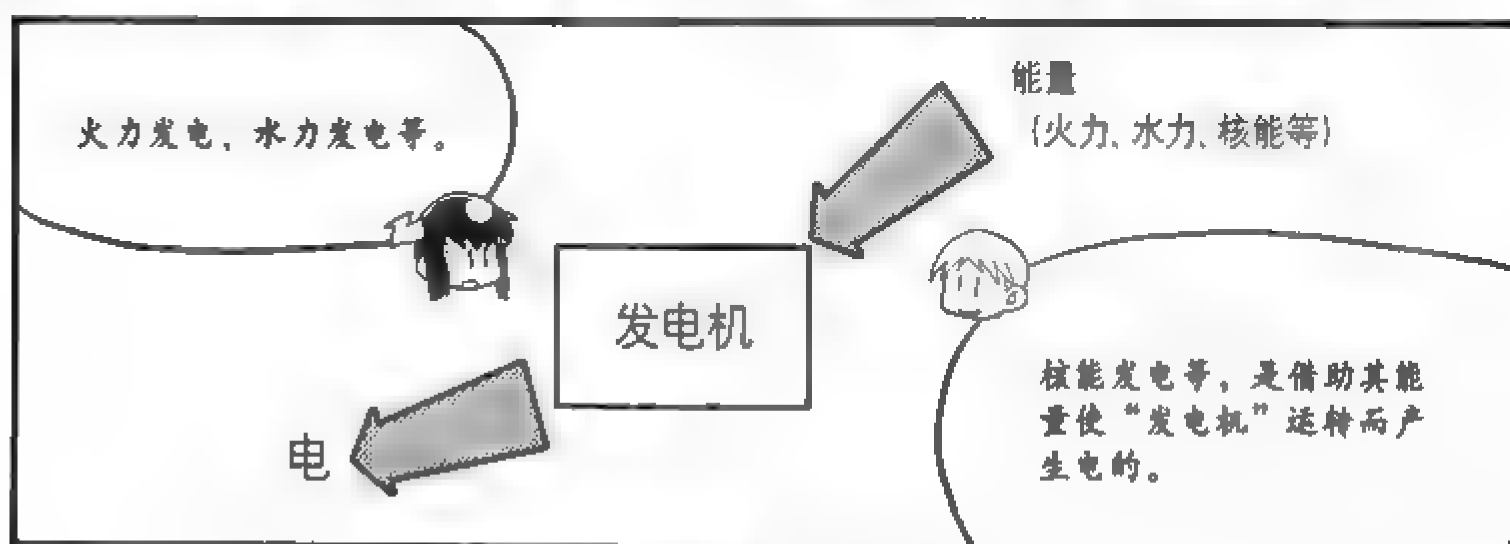
还真像夫妻呢……
噗

什么？！！！
哈哈哈……开玩笑的啦！
那当然啊！你只是来寄宿的嘛！

我还以为你要说什么呢！
什么夫妻呀？
狼吞虎咽
狼吞虎咽

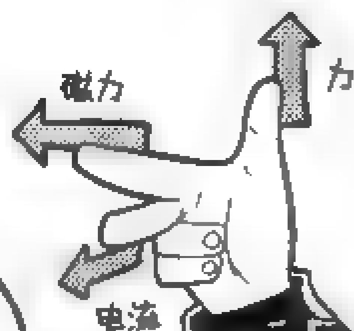
吃饱后就开始上课喔！
好吧！


那么，
发电的代表性设施及装置有发电厂和干电池。


火力发电、水力发电等。
能量
（火力、水力、核能等）
发电机
电
核能发电等，是借助其能量使“发电机”运转而产生电的。

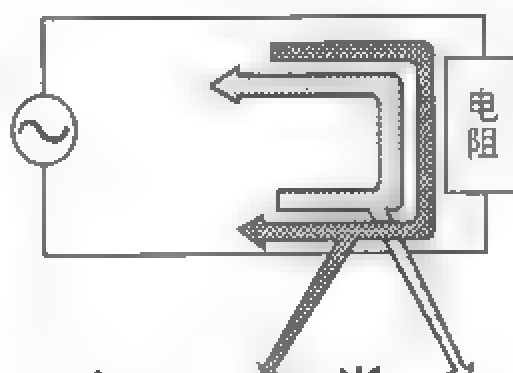

另一方面，干电池则是利用化学反应或光、热的能量来发电的。
利用化学反应？
关于这点稍后会详细解说。

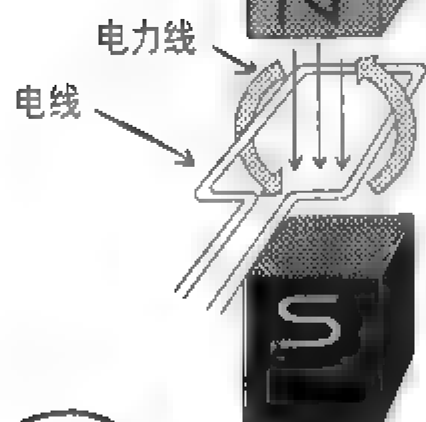
发电机的构造

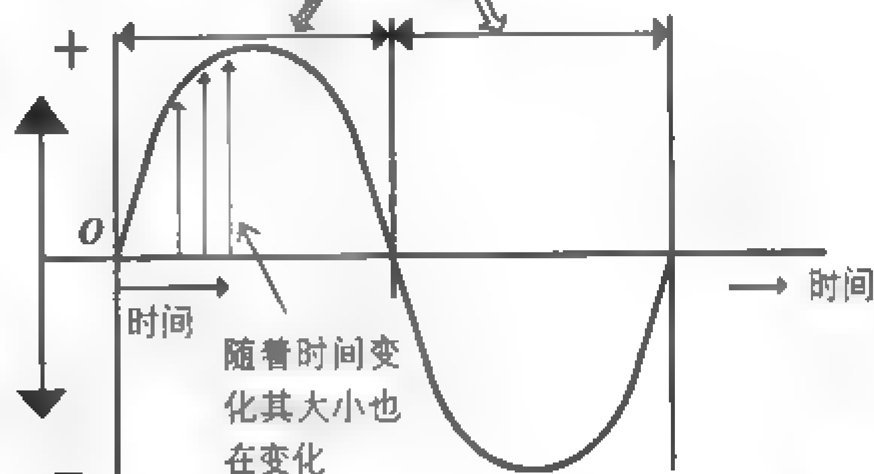


先来解释用发电机发电。上次我们说过它是利用弗莱明右手法则来发电的，对吧？

是啊！就是这个吧！

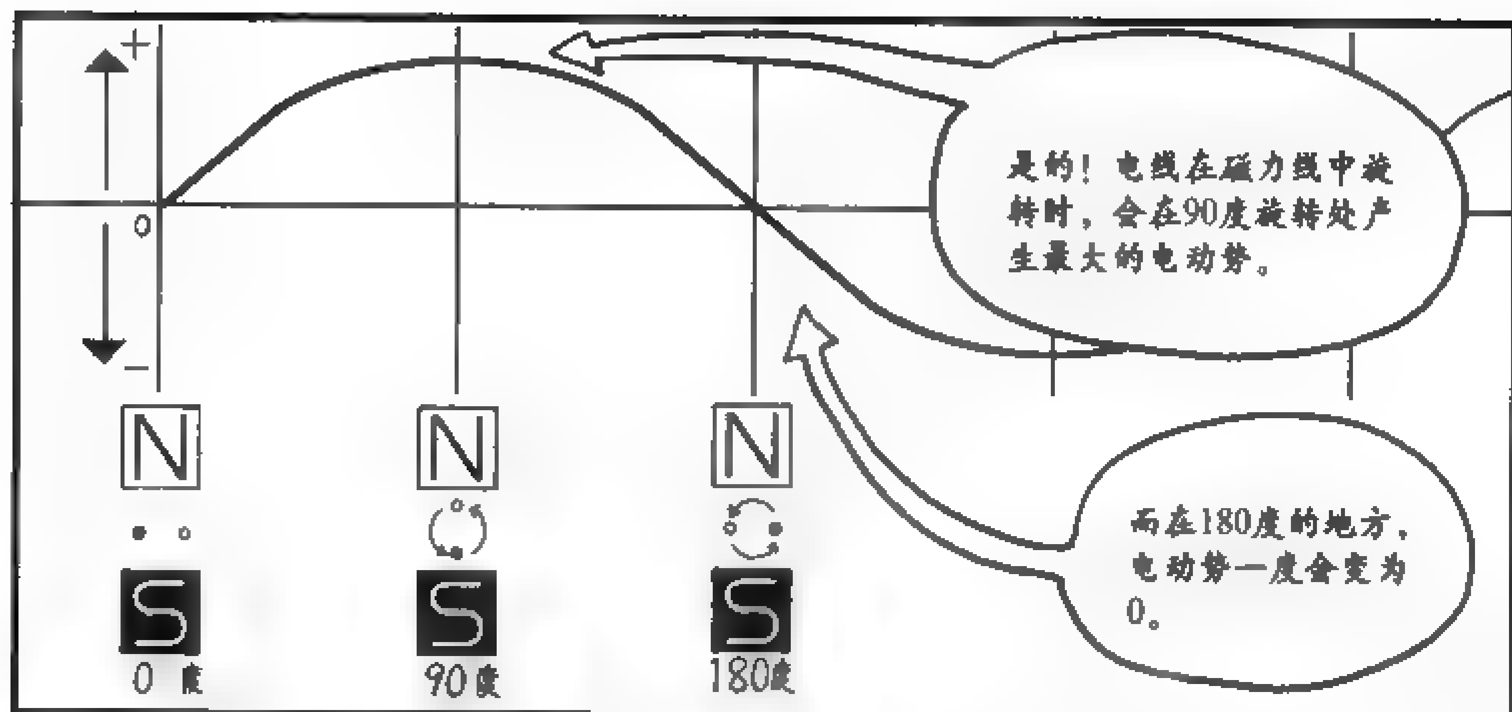


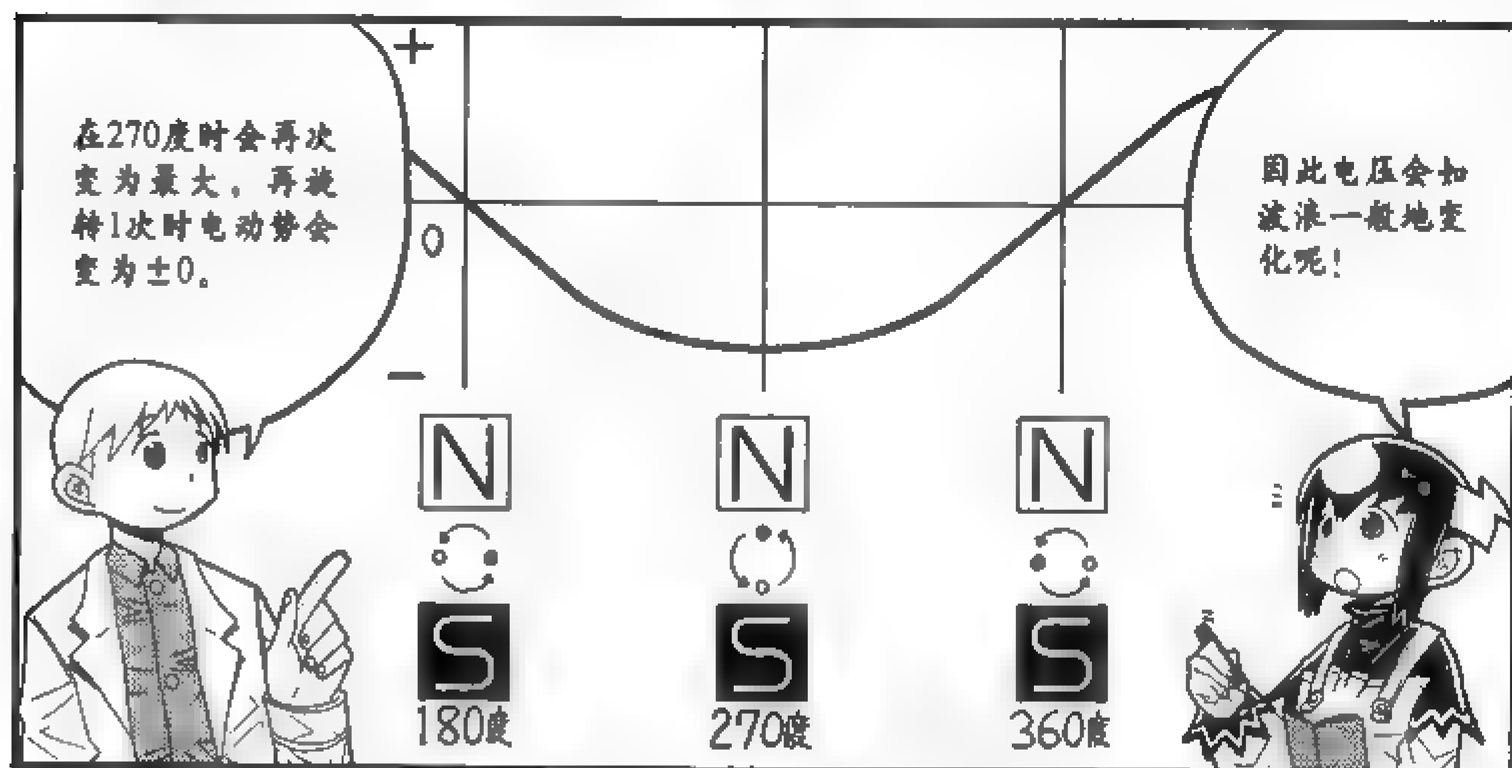




实际上，由于电线在磁力线中旋转，因此会产生随着时间、大小和流向变化而如波浪般反复变化的电流。

这就是交流电吧！


是的！电线在磁力线中旋转时，会在90度旋转处产生最大的电动势。
而在180度的地方，电动势一度会变为0。
+
0
-
N
S
0 度
90度
180度


在270度时会再次变为最大，再旋转1次时电动势会变为±0。
因此电压会如波浪一般地变化呢！
+
0
-
N
S
180度
270度
360度


若将电线旋转一次产生的波视为一个波，则电线每秒旋转50次时，波也会每秒产生50次。
旋转50次
॥
50个波
॥
50 Hz
这就是频率为50Hz（赫兹）的电。
原来如此！

一般日本的家庭用的插座电压为交流电100V。

这个值称为“有效值[1]”，相当于在交流电源和直流电源上施加相同电阻，并产生相同热量的电压值。

直流

100V

电阻

交流

100V

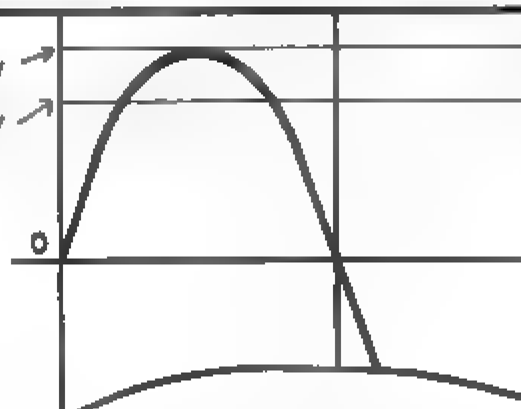
电阻

产生的热量相同

哇!

在相同电阻下施加直流电100V时所产生的热，和施加交流电100V时所产生的热量相等，对吧!

是。
但交流电是有波动变化的。



因此，插座的电压(有效值)虽为交流电100V，但波最大时的电压称为“最大值”，大约为141V。

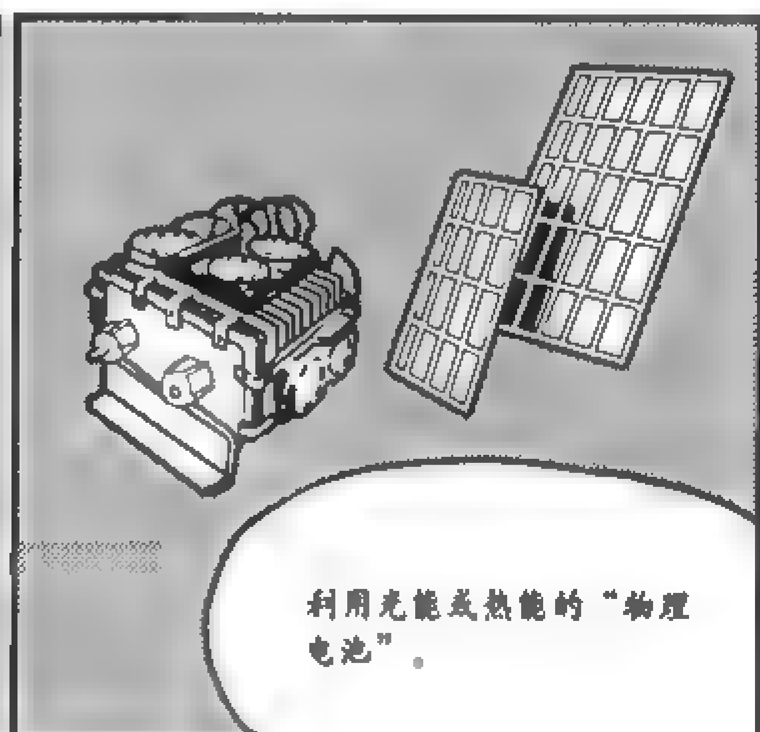
1 有效值，Effecetive Valud。

2. 电池是什么

化学反应和电池的种类







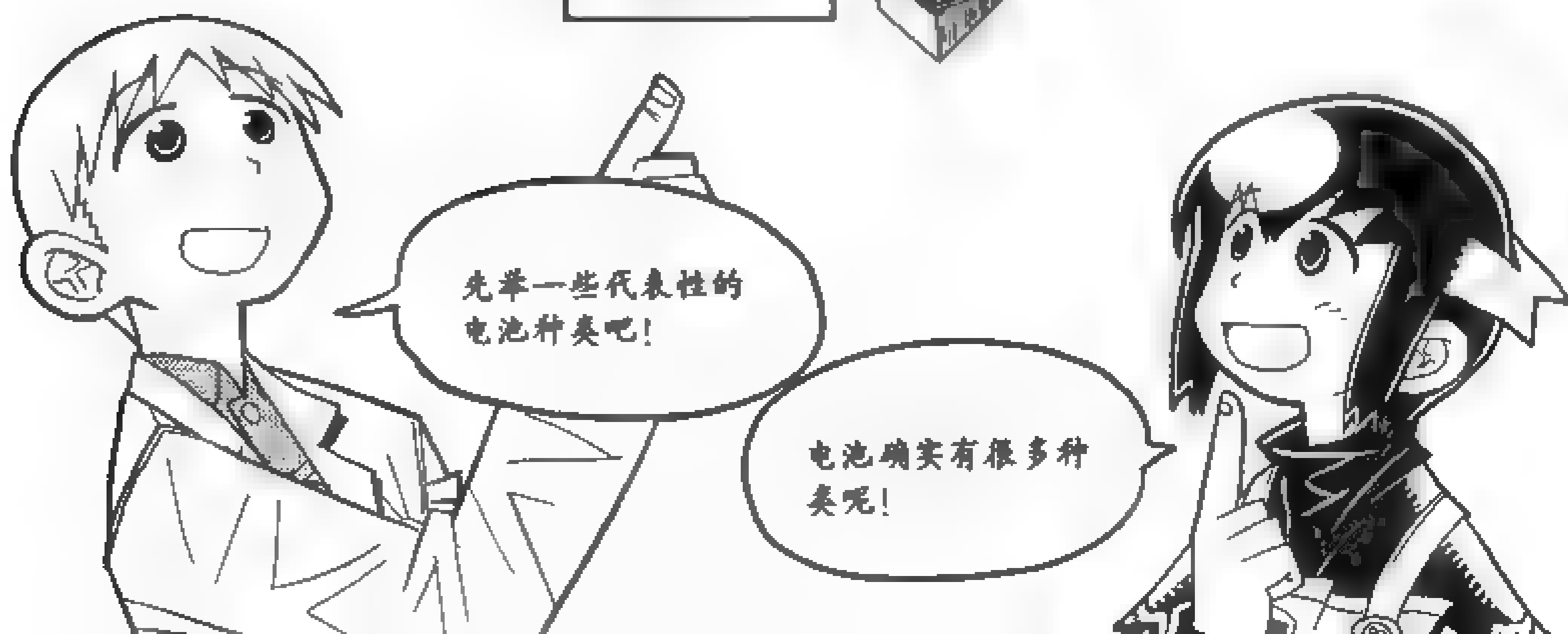


1 化学电池：Chemical Cell。

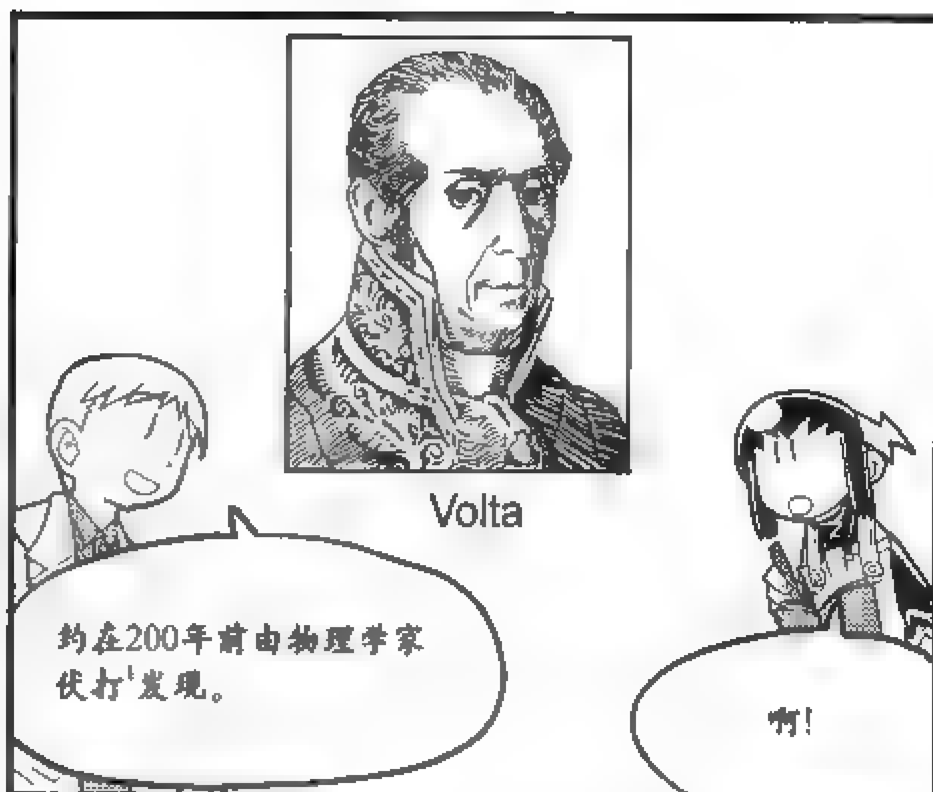


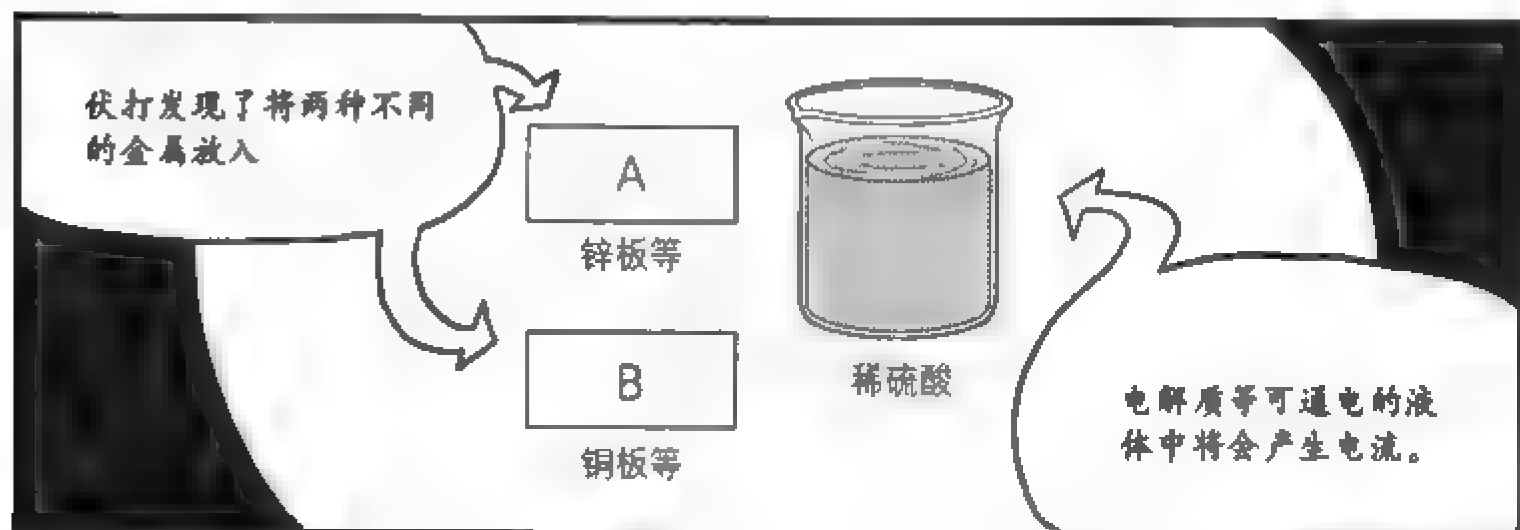
- 电池
  - 化学电池
    - 一次性电池
      - 锰锌干电池
      - 碱性电池
      - 锂电池
    - 充电电池
      - 铅蓄电池
      - 镍氢充电电池
      - 锂离子充电电池
    - 燃料电池
  - 物理电池
    - 太阳能电池
    - 温差电池

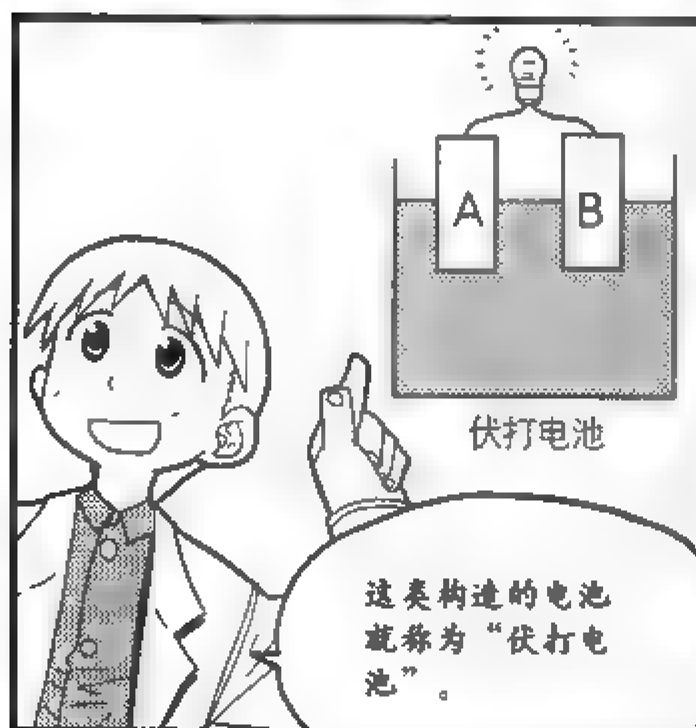
1 太阳能电池(Solar Cell)：利用太阳光照射在半导体材料上吸收光能后，产生电流来发电。
2 温差电池，从热源取得电能的一种物理电池。







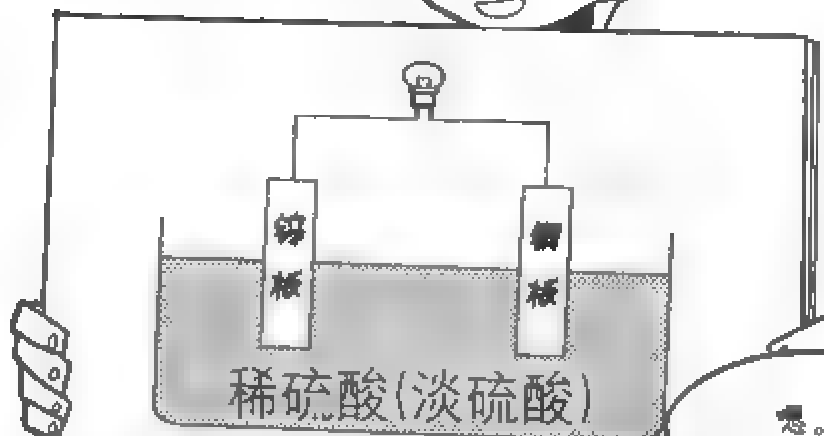






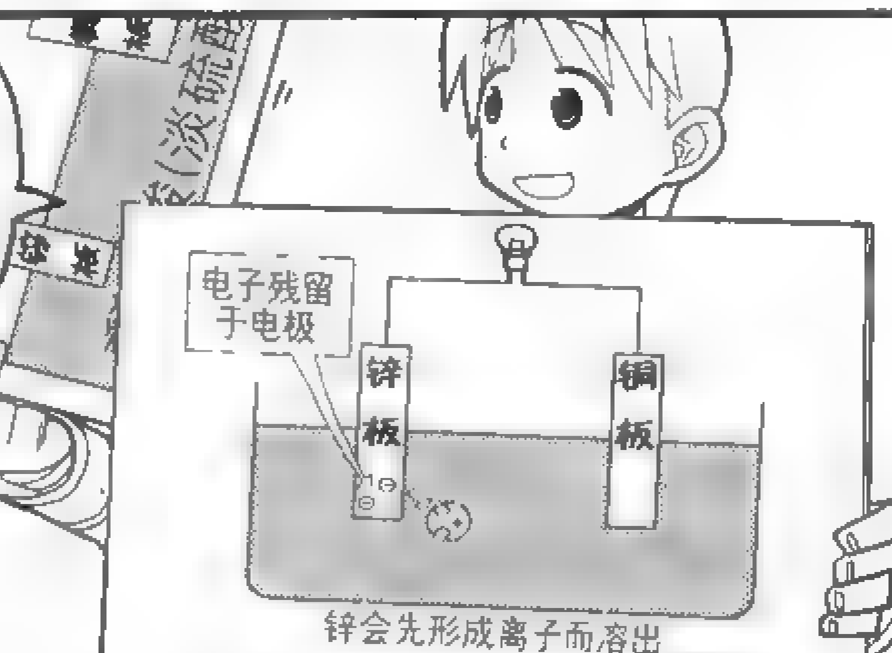
1 伏打: Alessandro Volta, 1745~1827, 意大利物理学家。他于1800年制成了世界上第一个电池——伏打电池。

在稀硫酸中放入铜板和锌板，并将它们用导体连接起来。



嗯。

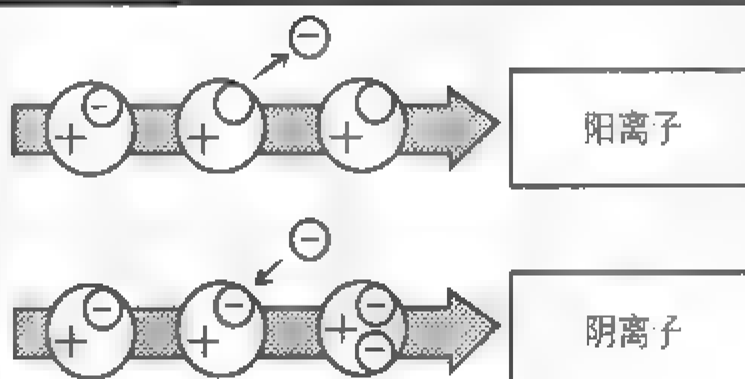
由于锌比铜更易形成离子，因此锌的原子会在锌板留下电子，而形成锌离子(Zn^{2+})，并溶于稀硫酸中。



离子是什么？

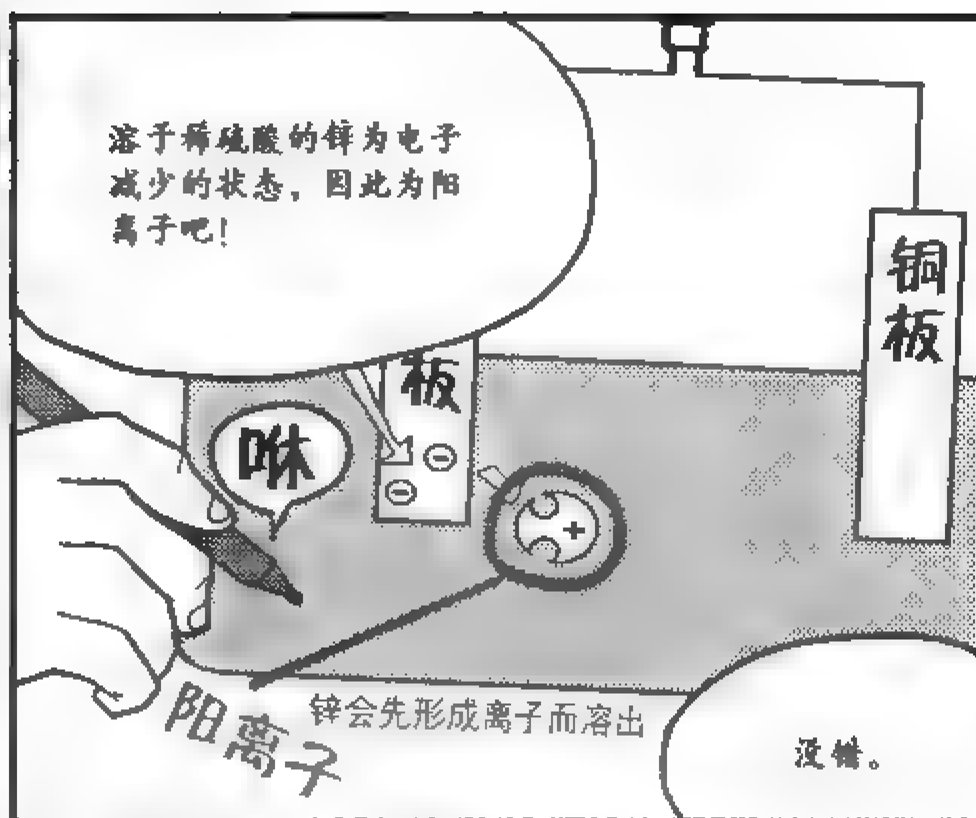


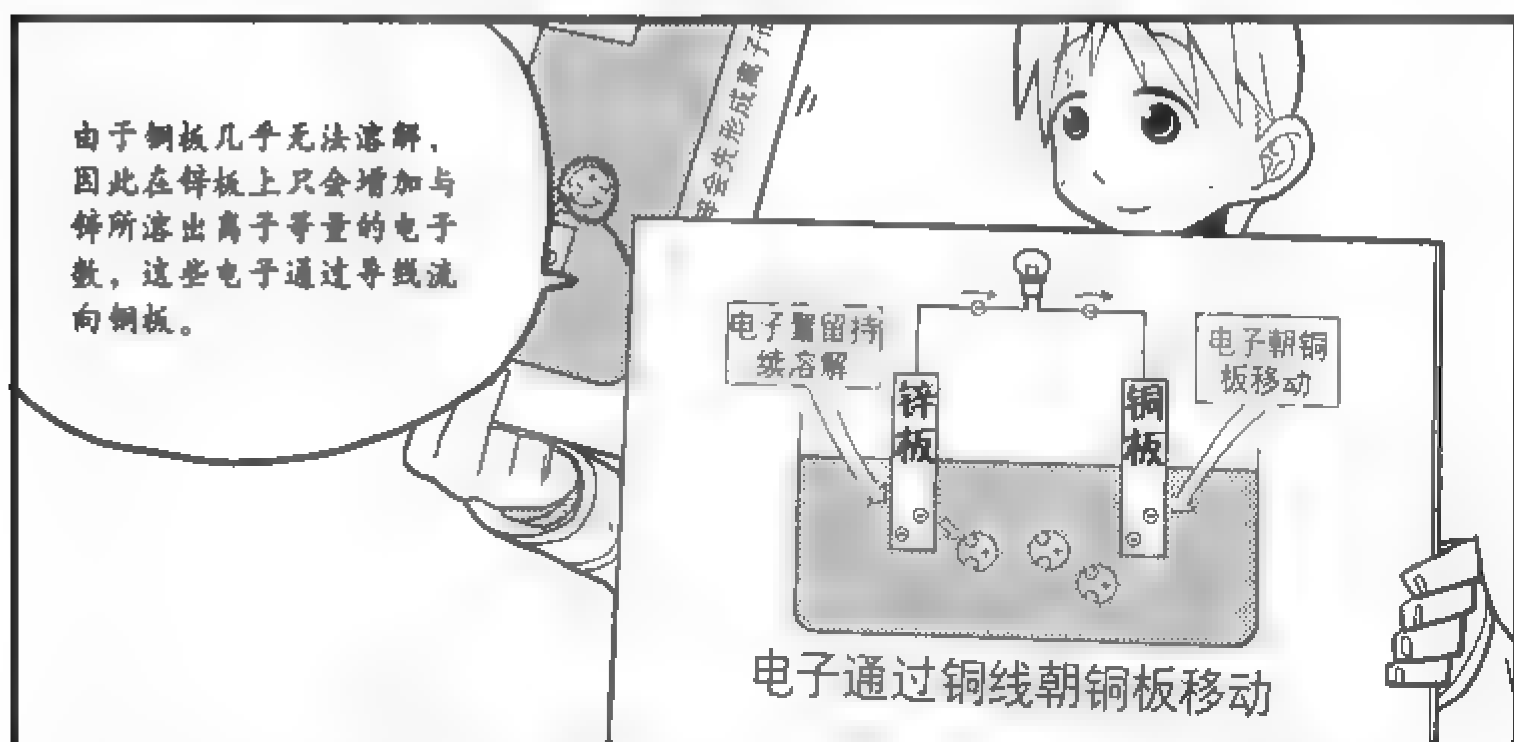
离子是指原子或分子带电而形成正或负的状态。

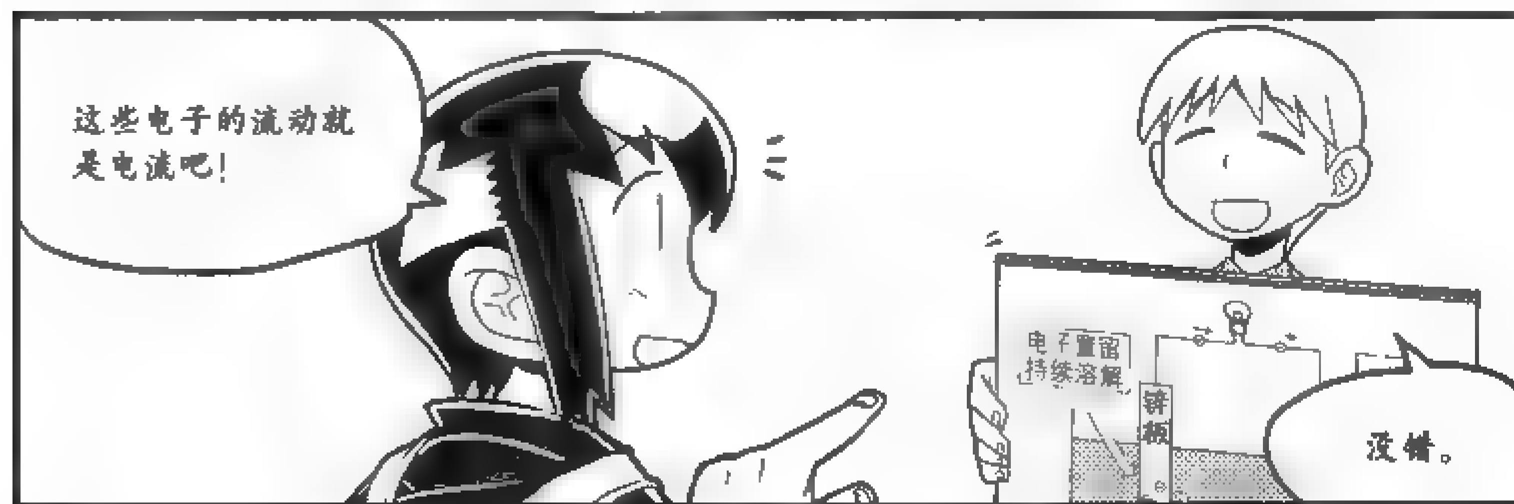


若为正，则称为阳离子；若为负，则称为阴离子。

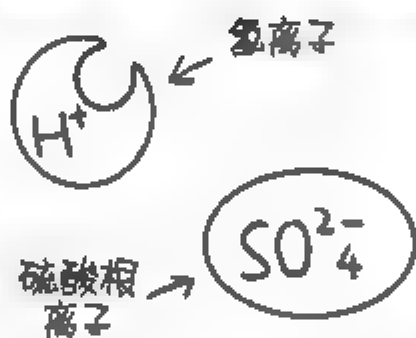

……
也就是说……


溶于稀硫酸的锌为电子减少的状态，因此为阳离子吧！
铜板
板
咻
阳离子
锌会先形成离子而溶出
没错。


由于铜板几乎无法溶解，因此在锌板上只会增加与锌所溶出离子等量的电子数，这些电子通过导线流向铜板。
电子重留持续溶解
电子朝铜板移动
锌板
铜板
电子通过铜线朝铜板移动

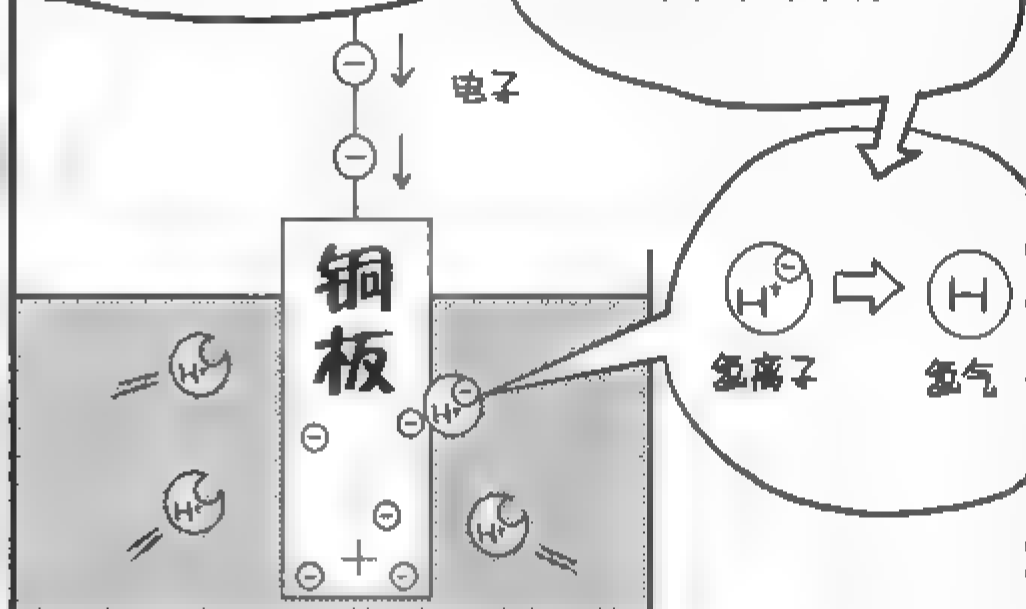

这些电子的流动就是电流吧！
电子重留持续溶解
锌板
没错。

稀硫酸中存在着氢离子H^+和硫酸根离子SO_4^{2-}。



在稀硫酸中产生锌离子后，比锌不易形成离子的氢，

会和朝向铜板移动的电子结合，形成氢气。



氢气

电子

铜板

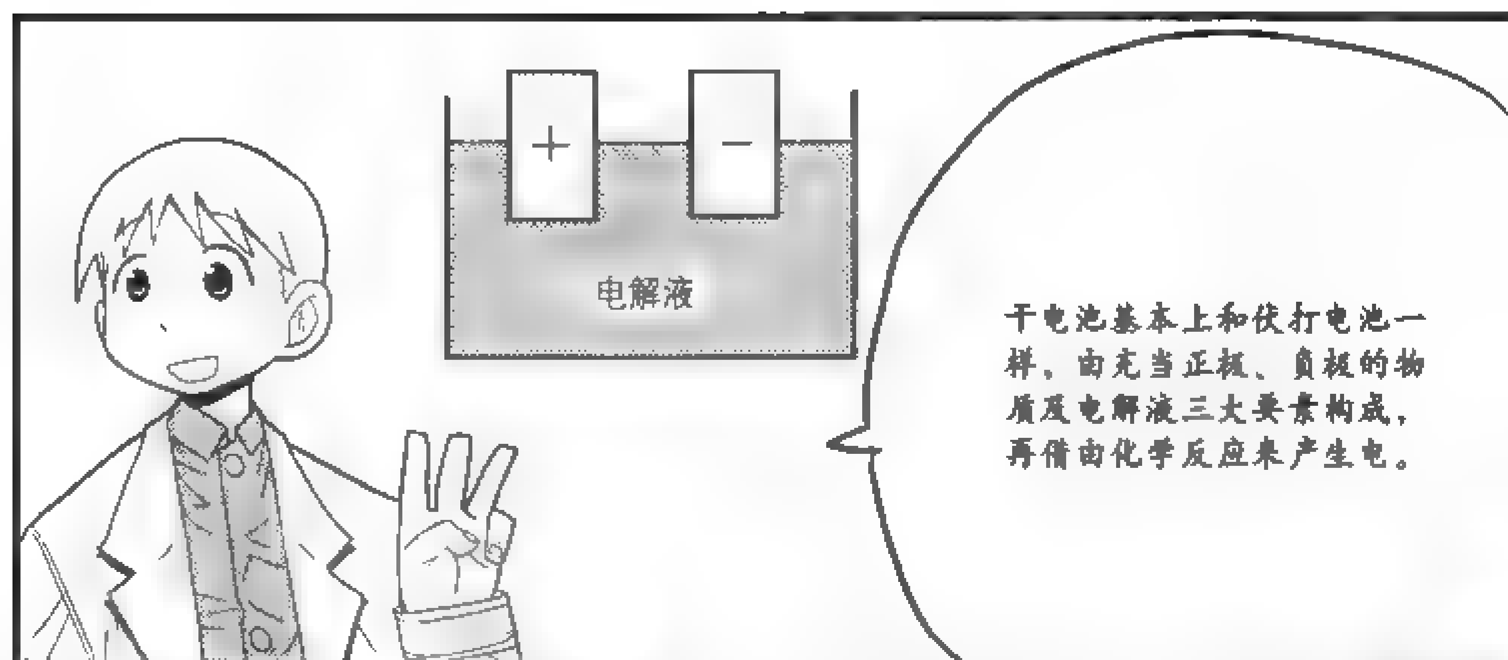
氢气是由铜板产生的呢！

像这样电子被消耗后，

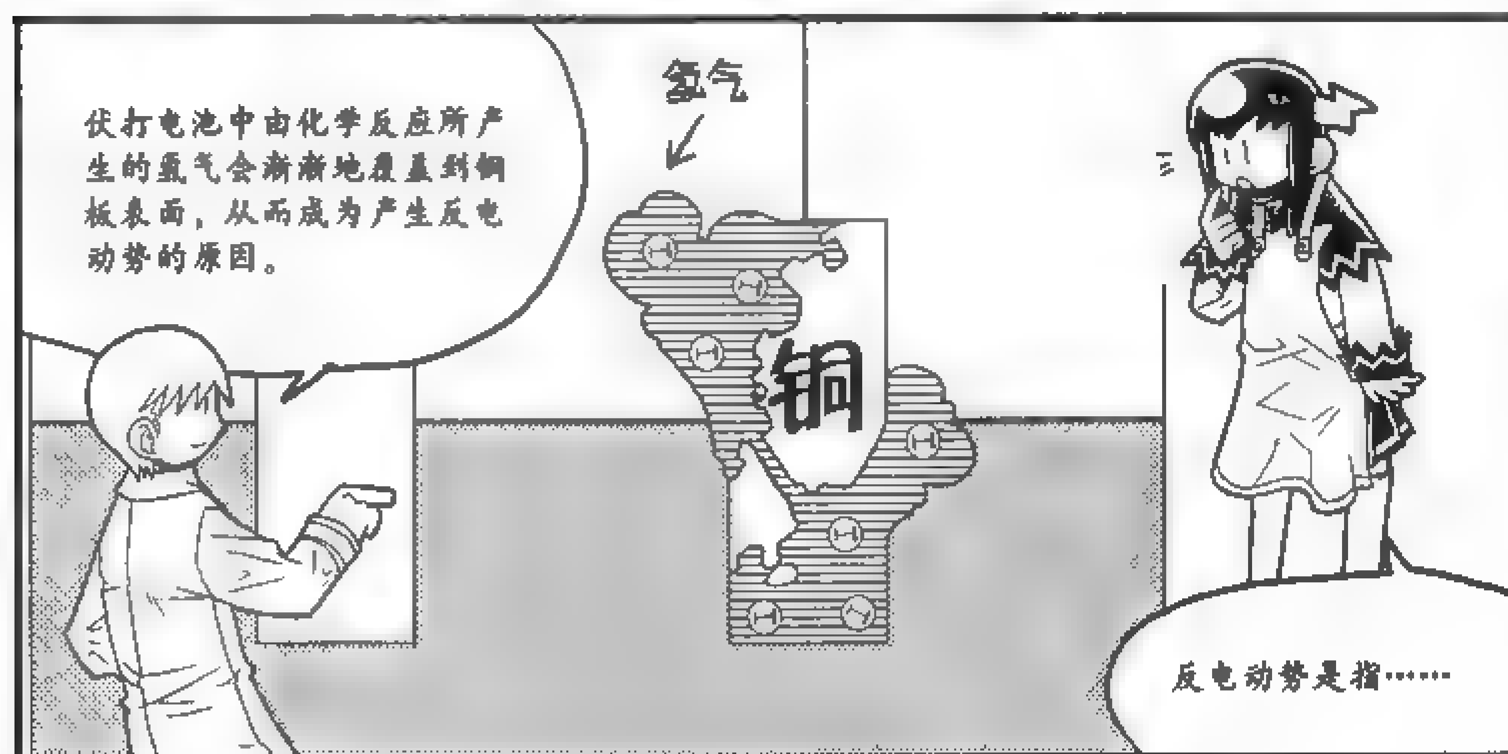
电子又会从锌板移动到铜板，

电能就会产生。

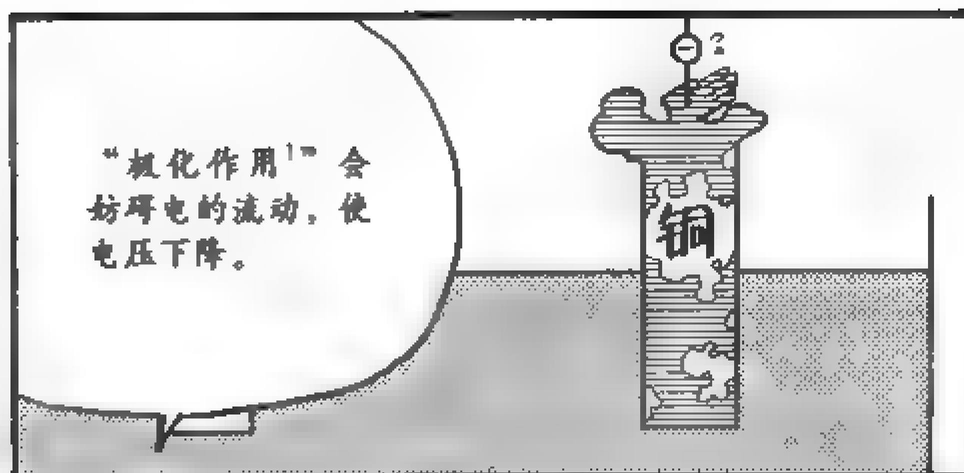
原来如此。

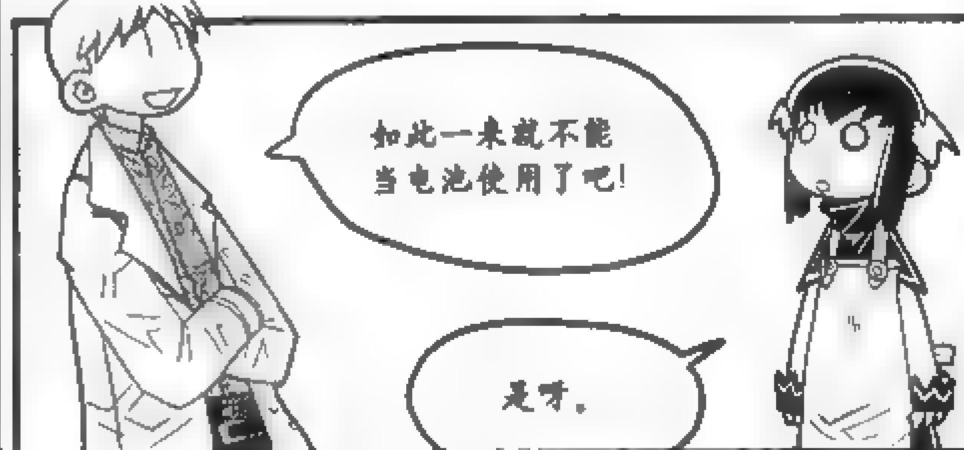

电解液
干电池基本上和伏打电池一样，由充当正极、负极的物质及电解液三大要素构成，再借由化学反应来产生电。

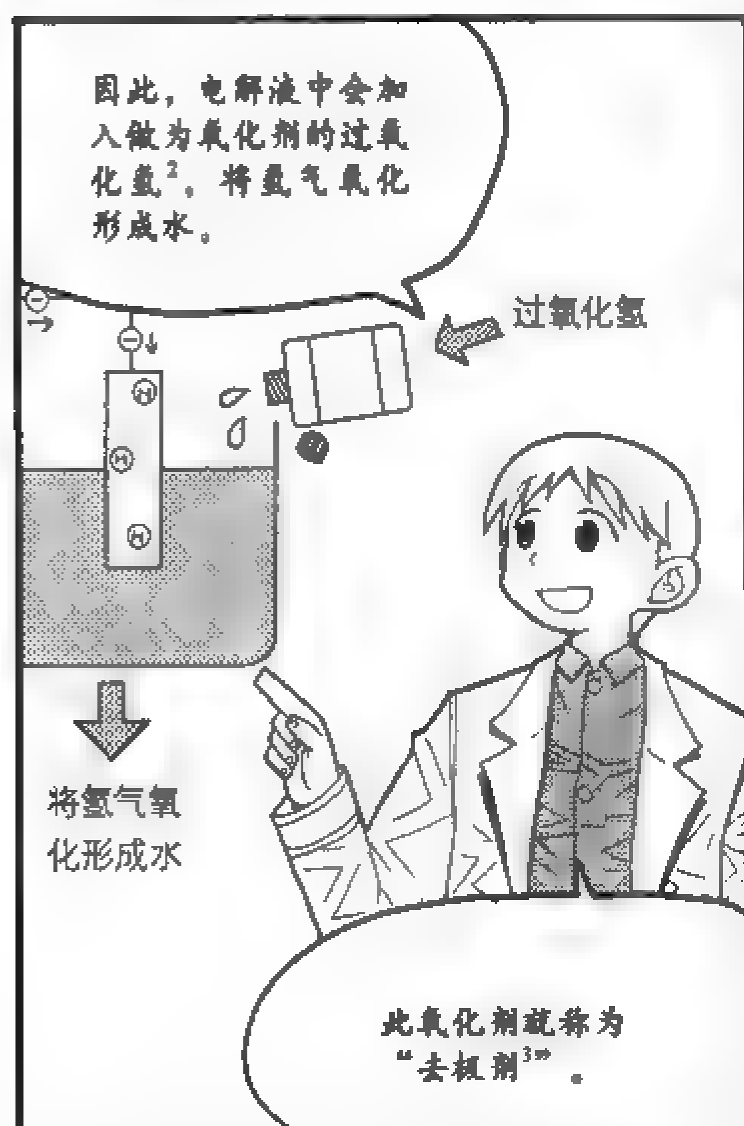

但是干电池普遍都很小的吧？
里面的电解液是什么状态的呢？
一般是以棉或纸来吸收电解液，或是做成糊状，使其成为易于使用的状态。

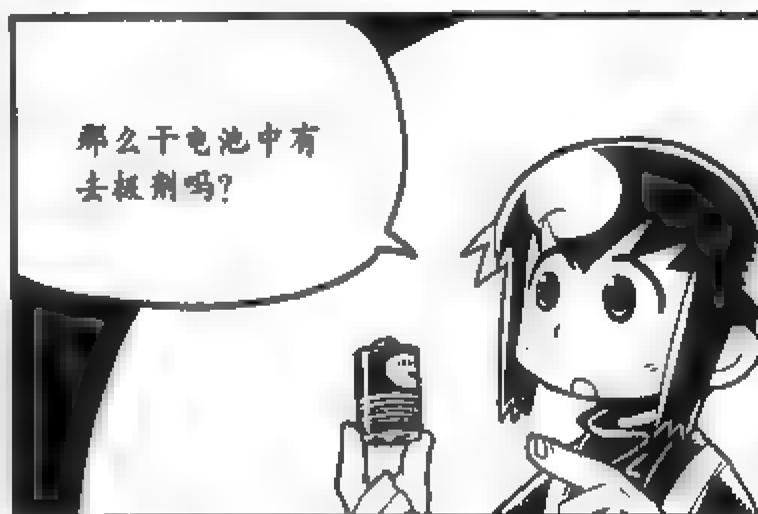

伏打电池中由化学反应所产生的氢气会渐渐地覆盖到铜板表面，从而成为产生反电动势的原因。
氢气
铜
反电动势是指……









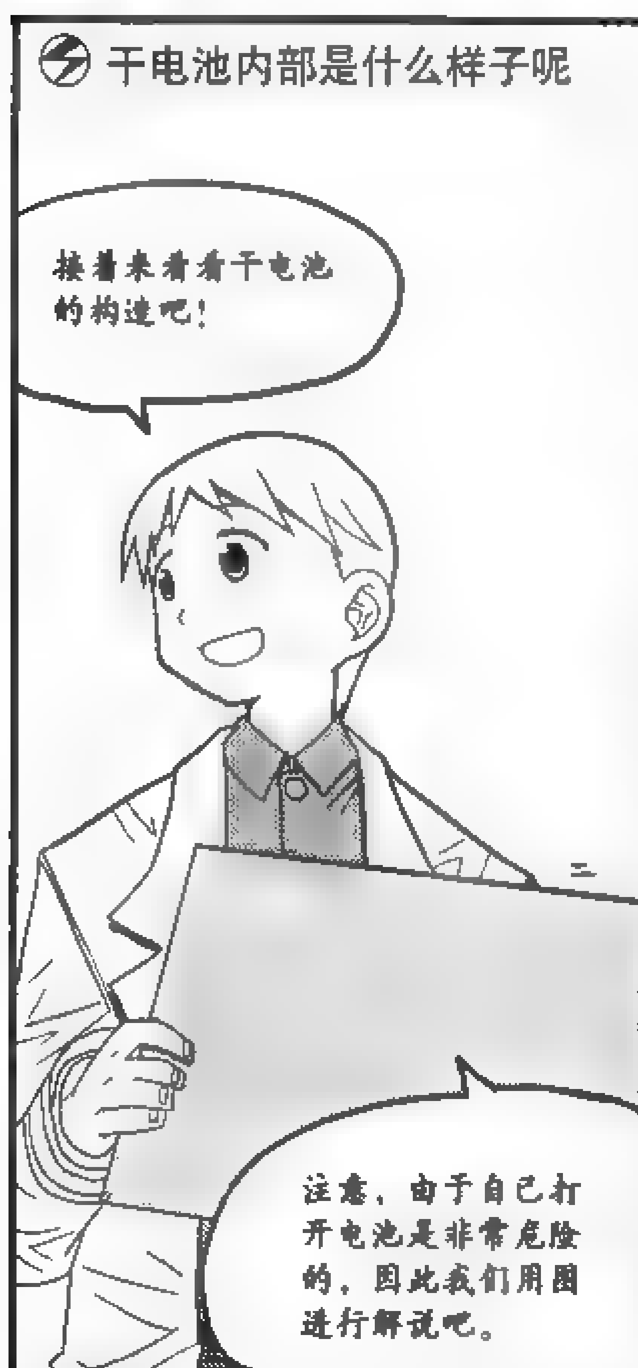


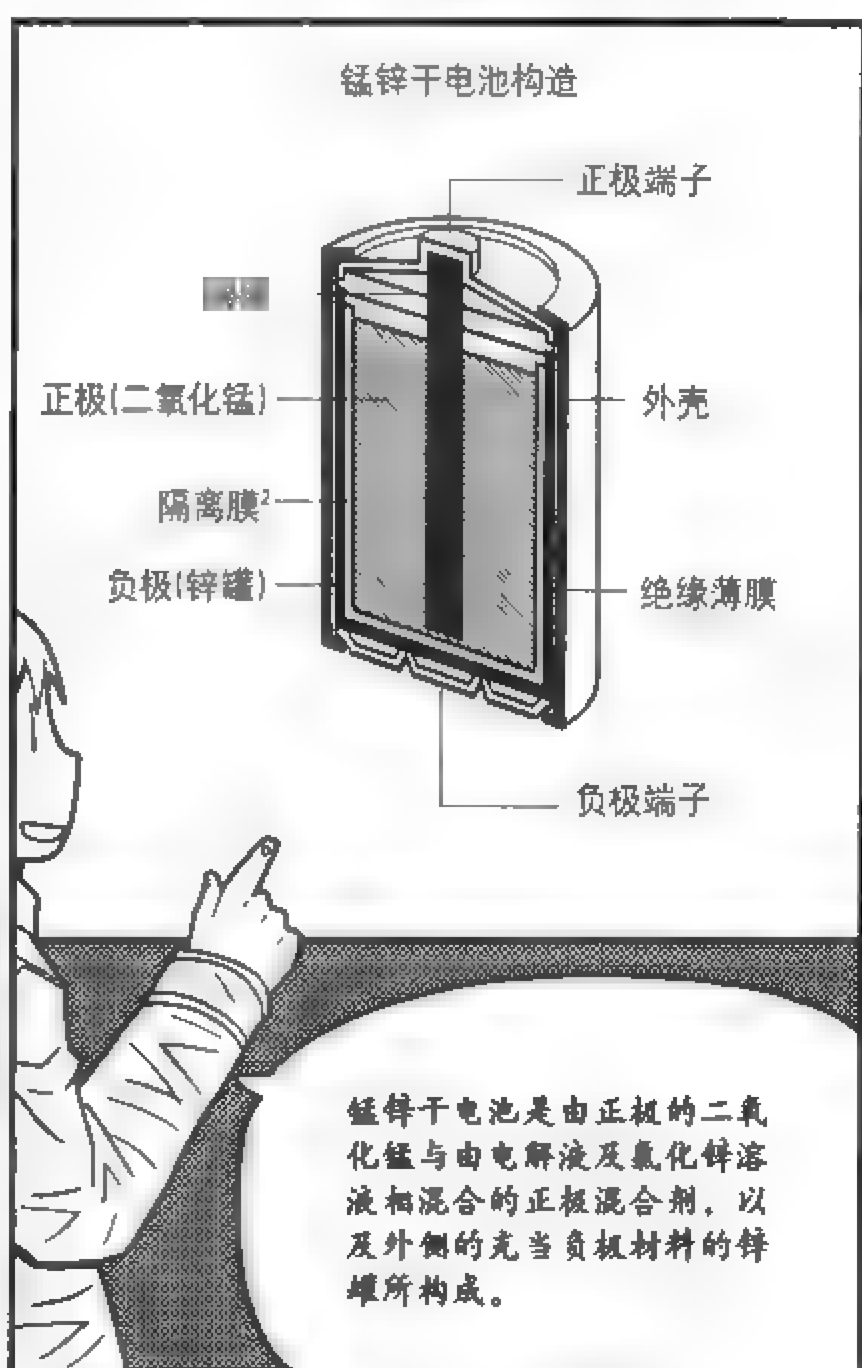


1 极化作用 Polarization。 2 过氧化氢. Hydrogen Peroxide，俗称双氧水。 3. 去极剂: Depolarizer。

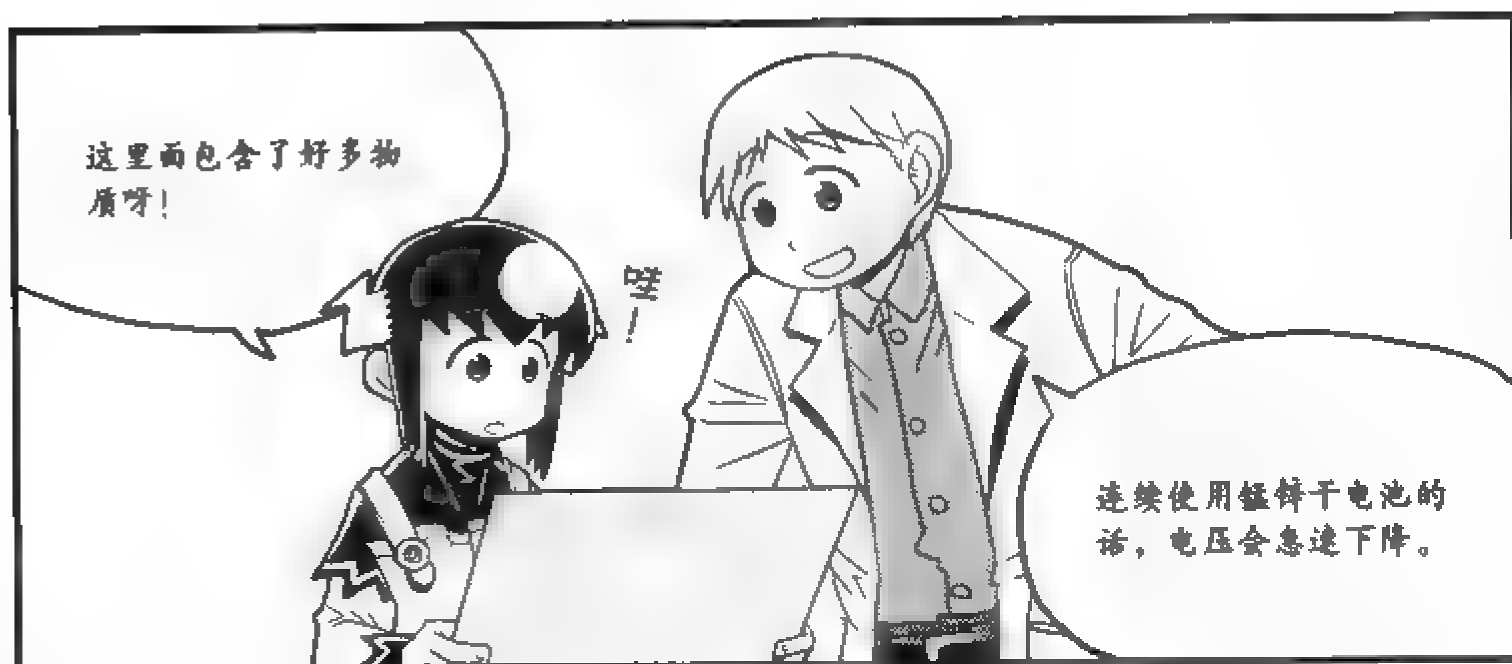


干电池内部是什么样子呢





1 活性材料：Active Material。 2 隔离膜 Separator，主要是防止正负极活性物质直接接触，以免造成电池内部短路。


这里面包含了好多物质呀！
哇！
连续使用锰锌干电池的话，电压会急速下降。

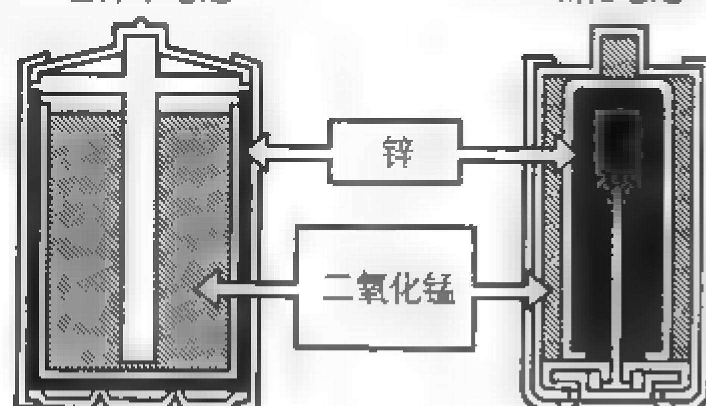

ZZZ
断电后，电压就会恢复，电流便可再度流动。
恢复


碱性电池
正极端子
外层容器
负极(锌粉)
集合体
正极(二氧化锰)
隔离膜
负极端子


因此适合用于非连续使用的手电筒或是用少量电力便可以运转的时钟等。
这些东西确实具备以上特征。

另一方面，碱性电池的正极为二氧化锰，负极为锌粉，而电解液为强碱性的氢氧化钾。

锰锌干电池和碱性电池从外观看上去几乎一样，但内部却有相当大的差异！



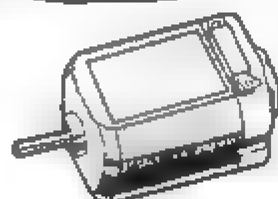
锰锌干电池外侧为锌，而内侧为二氧化锰。

碱性电池内侧为锌，而外侧为二氧化锰。

碱性电池含有大量的二氧化锰及锌，因此电流较大，寿命也较长。



因此碱性电池比较适合作为电动机等需要大电流的机器的电源。



原来如此。

锰锌干电池
不使用后电压会恢复。
时钟 手电筒
遥控器

碱性电池
大电力持续性地流动。
电动机
音箱 数码相机

了解干电池的特征后，我们可以更灵活地加以运用！

正是如此。

水的电解和燃料电池

你以前做过水的电解实验吗?

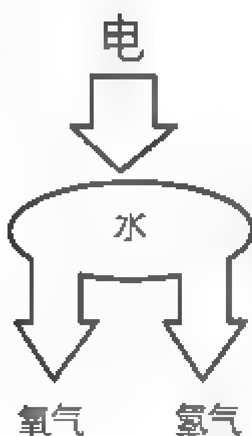
举

做过!

但是不太记得那是个怎样的实验了……

那……就稍微复习一下吧!

简单来说，水的电解就是在水中通电，制造出氧气和氢气。



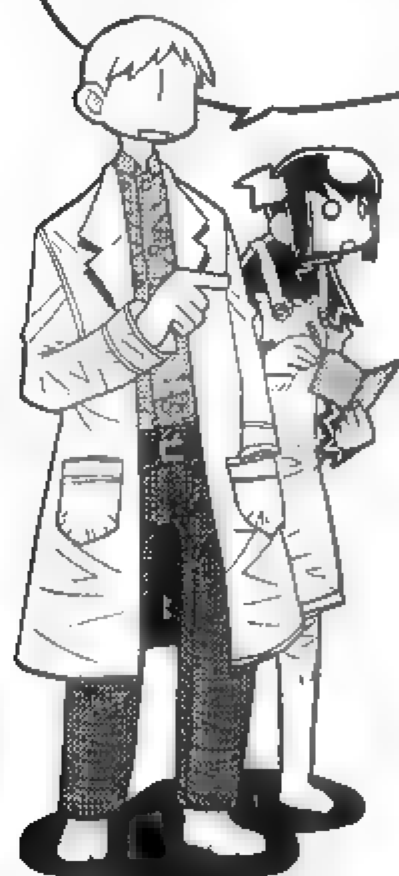
知道知道。

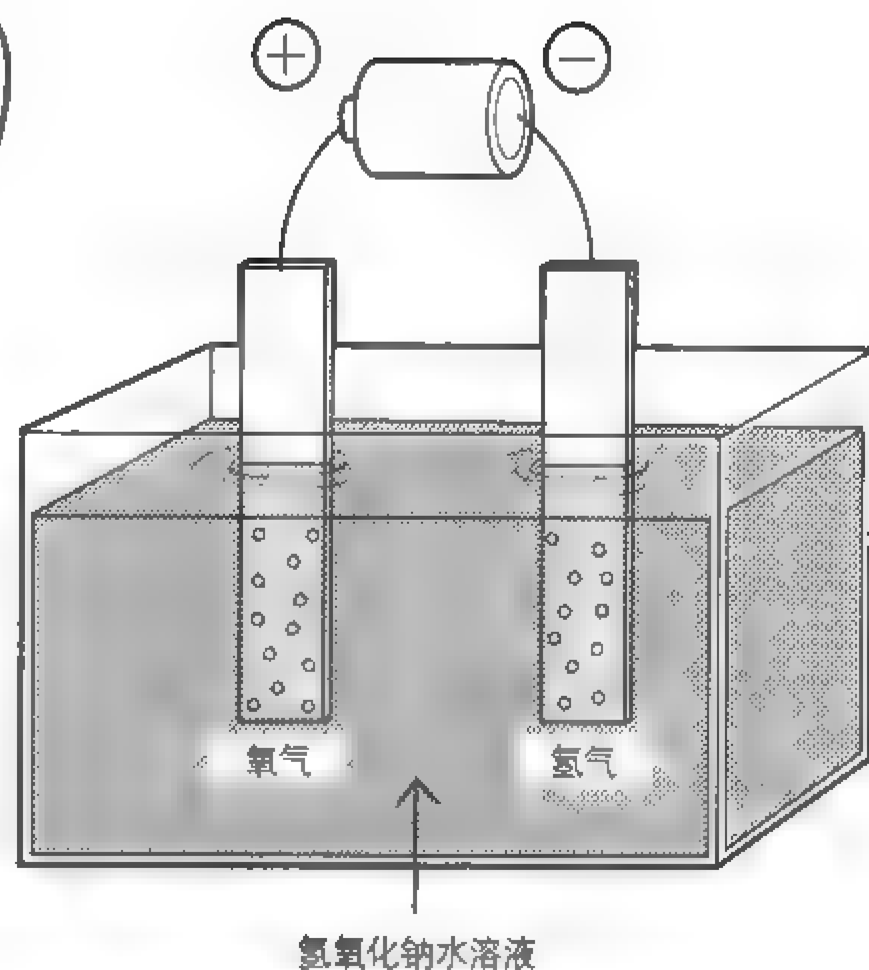
氢氧化钠

然而，由于水不易导电，因此实验时，通常会在水中放入氢氧化钠。

啊！这就是所谓的苛性苏打[1]吧！

1 苛性苏打：Caustic Soda，又称为苛性钠。

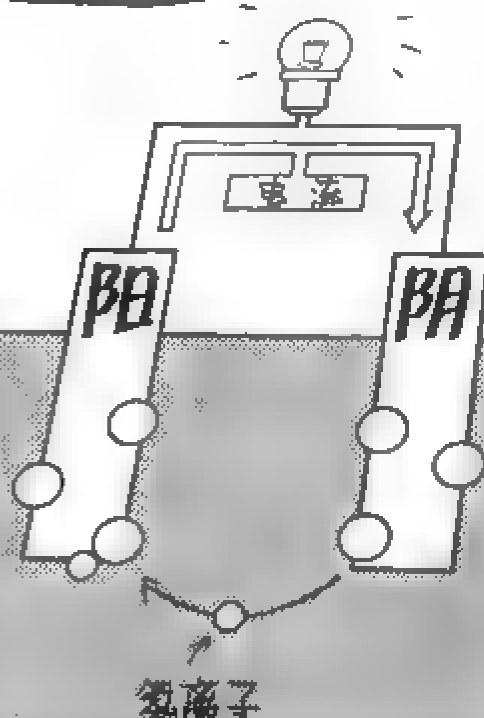

通电后，两个电极分别会产生氢气和氧气。


氧气
氢气
氢氧化钠水溶液

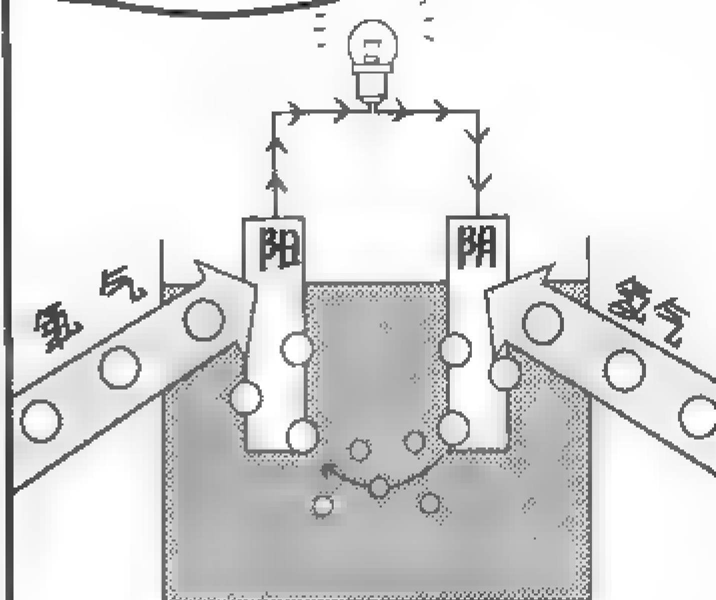

顺道一提，电解过程中，与电源的正极连接的称为阳极，
阳极
氧气
阴极
氢气
而与电源的负极连接的称为阴极。
原来如此。

若将电源从已电解的水溶液中拿走，
阳
阴
再接上负载后……
阳
阴

被分解的氢和氧会结合，从而产生电和水，然后是热量，这就是燃料电池的原理喔！



此外，若可持续供应氢气和氧气，则可持续制造出电流。



真厉害。

因此，只要提供氢气和氧气，燃料电池便可产生电。



阳极是氧气，阴极是氢气，对吧！

被供给的氢气会

阴极

氢气

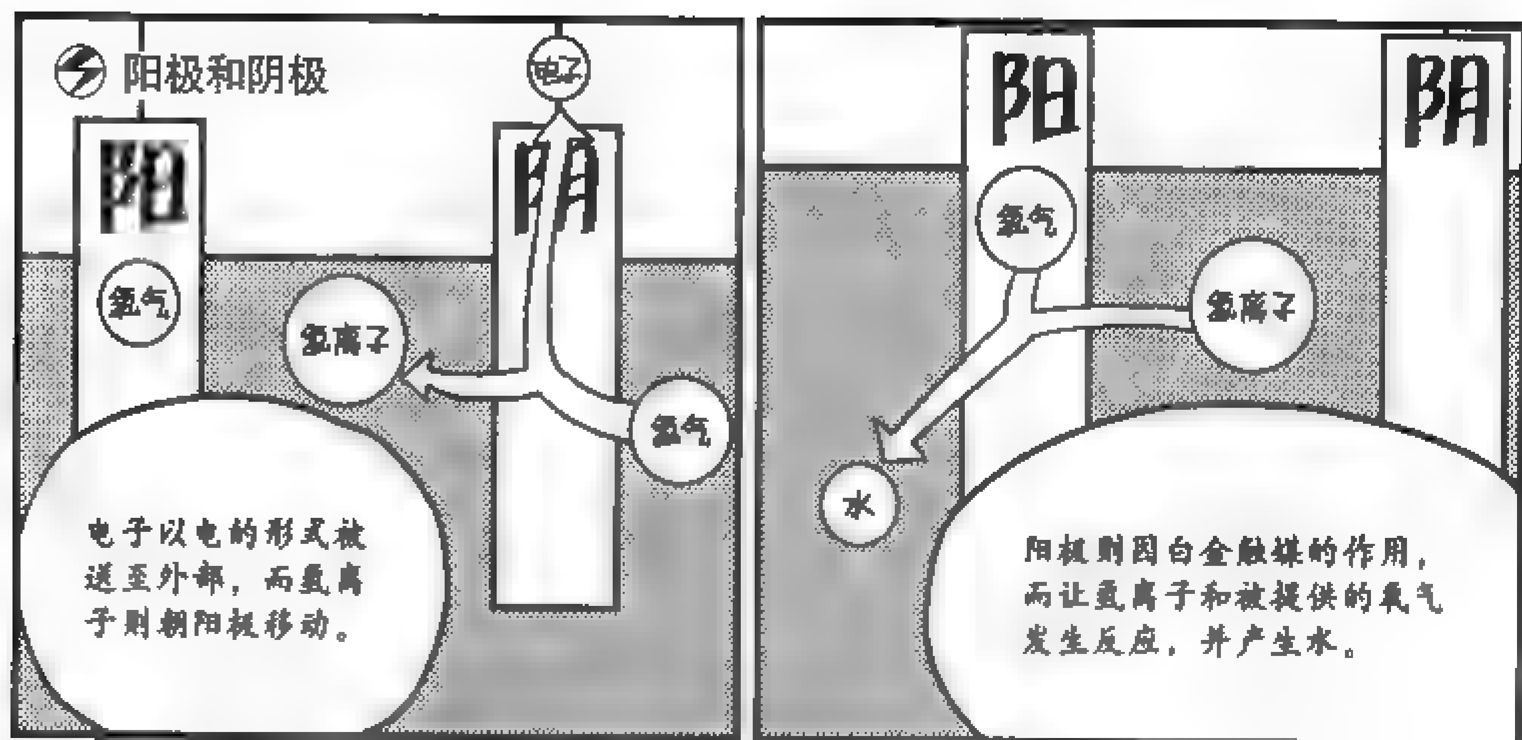
因应急的触媒（催化剂）的作用，而分解为氢离子和电子。

阴极

氢气

电子 → e

氢离子 → H^+



燃料电池的构造

电流

电子

阳极

阴极

水

由于发电后只会产生水，因此非常环保。

没错！

而且也不会产生振动或噪音。作为燃料的氢气也可以用燃料重组器从天然气或甲醇中萃取出，而氧气可从空气中取得。

真是太棒了！

如果热量也可以利用的话，效率可进一步提升。此外，由于做为燃料的氢气可从许多物质中取得，因此来源非常稳定。

但是，似乎不太常看到燃料电池……

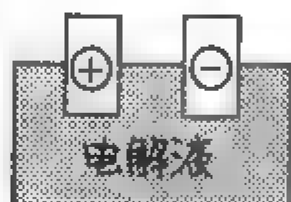
现阶段还有成本问题尚待解决，应该会逐渐普及才是。

也许在不久的将来就可看到它被运用于各种领域了！

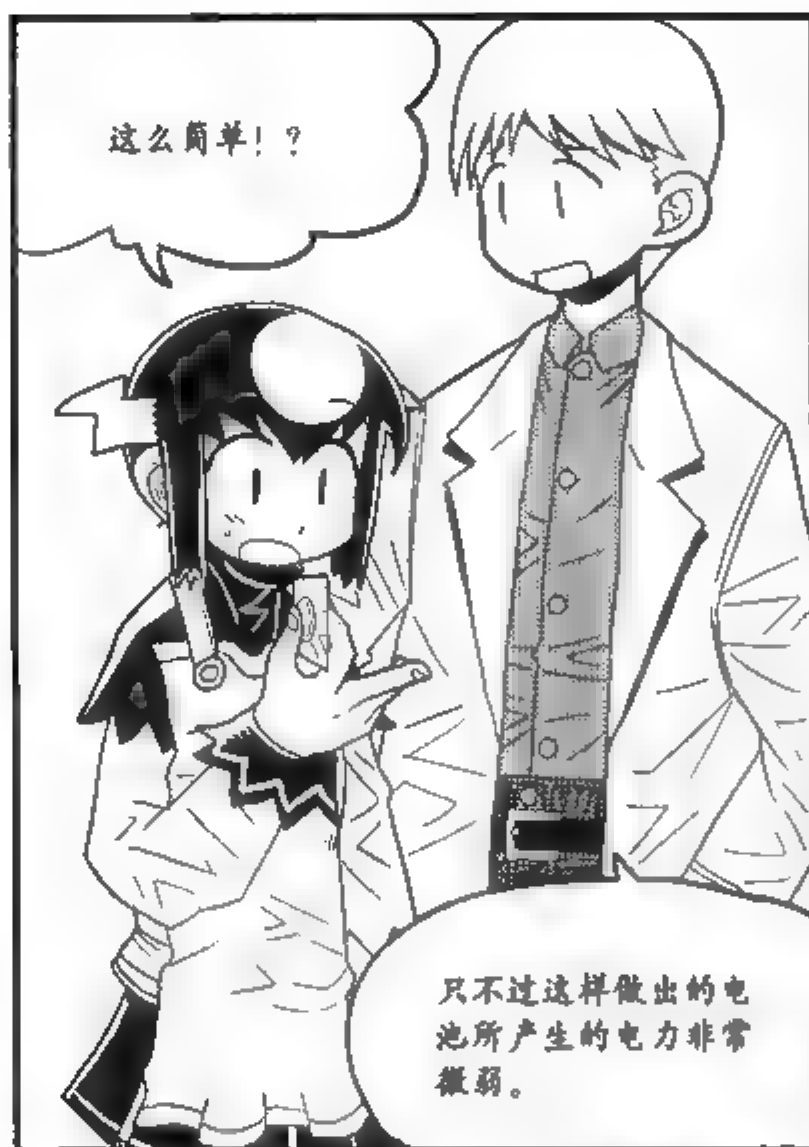
是呀！

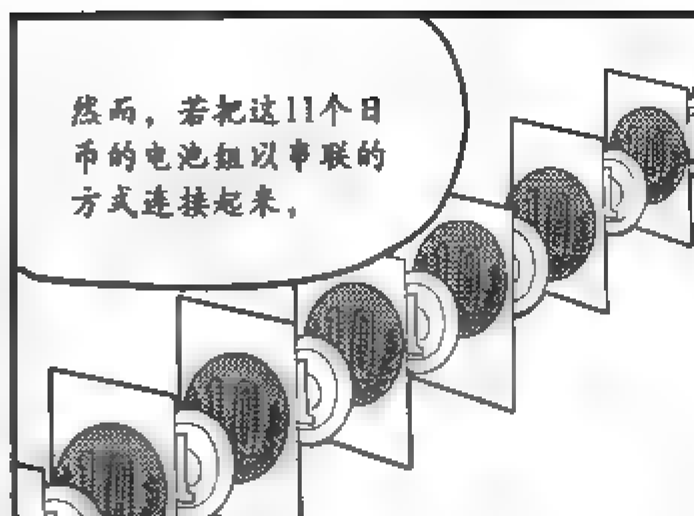
3.试着动手做电池

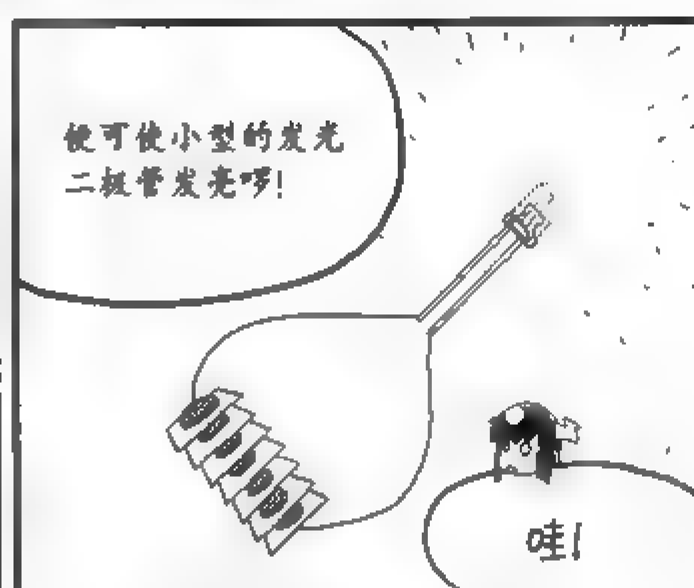
制作硬币电池



1 如果能找到其他金属物品，也可以用来替代钱币。


这么简单！？
只不过这样做出的电池所产生的电力非常微弱。

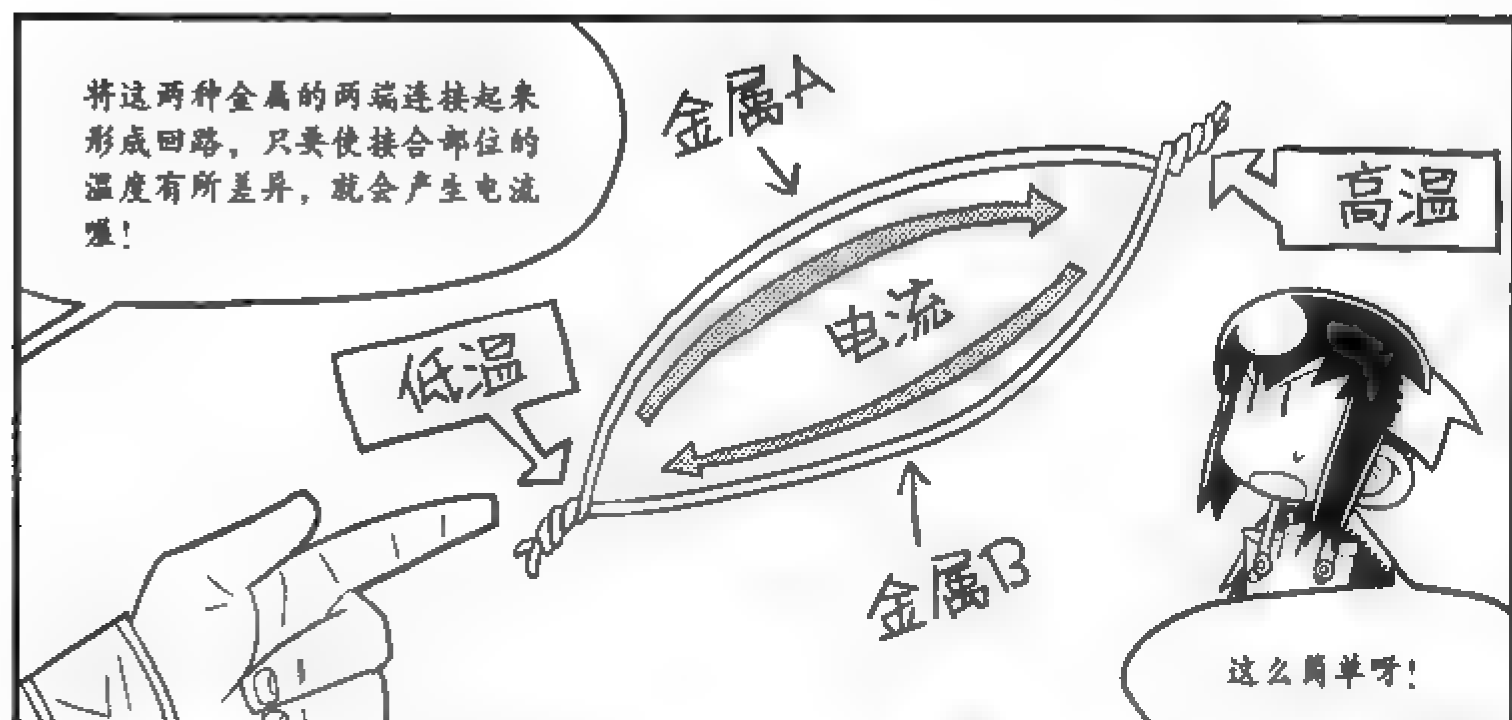

然而，若把这11个日币的电池组以串联的方式连接起来，

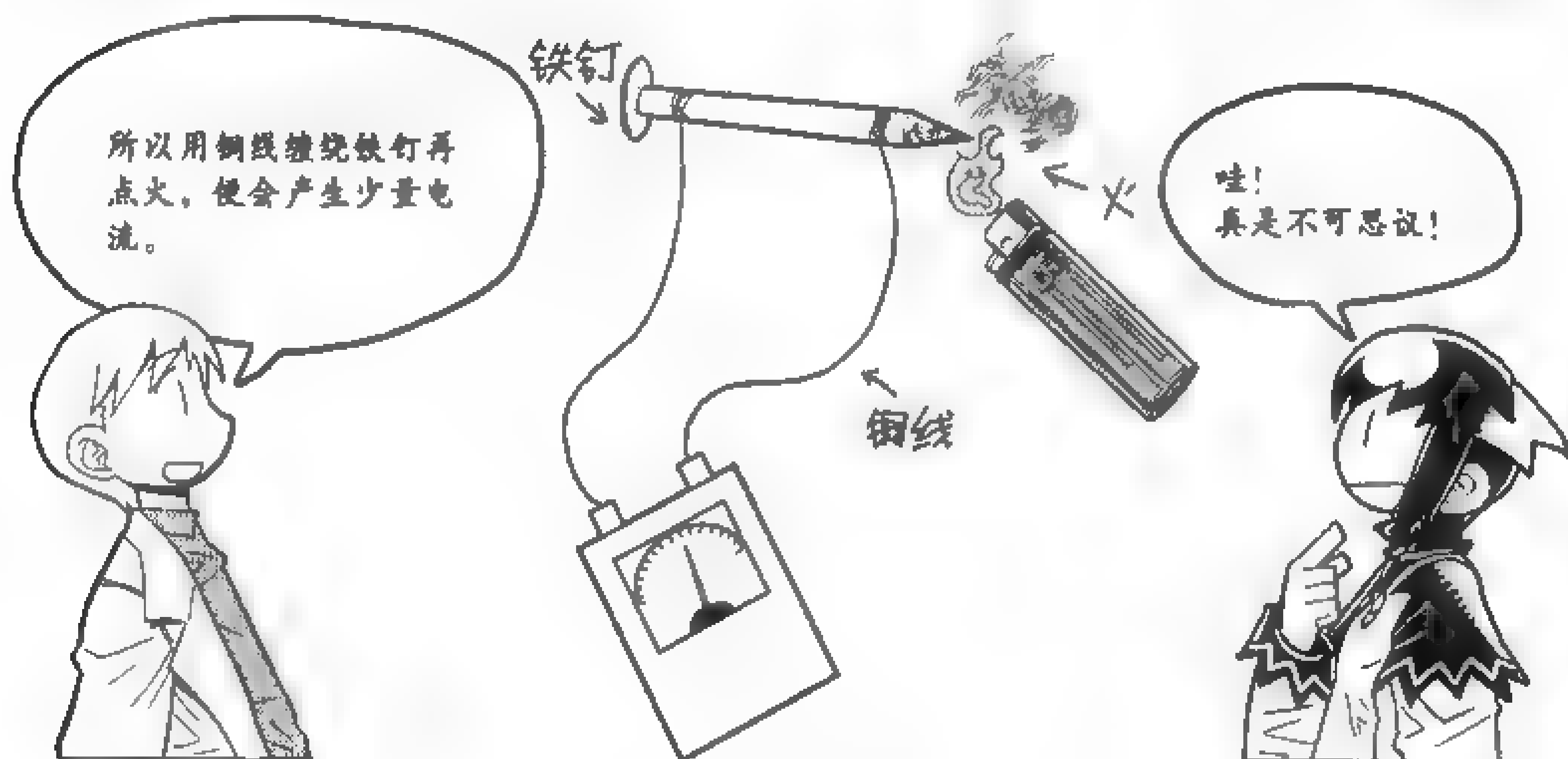

便可使小型的发光二极管发亮哆！
哇！

温差电池


除了利用化学反应之外，也可以用更简单的构造来发电喔！
真的吗？

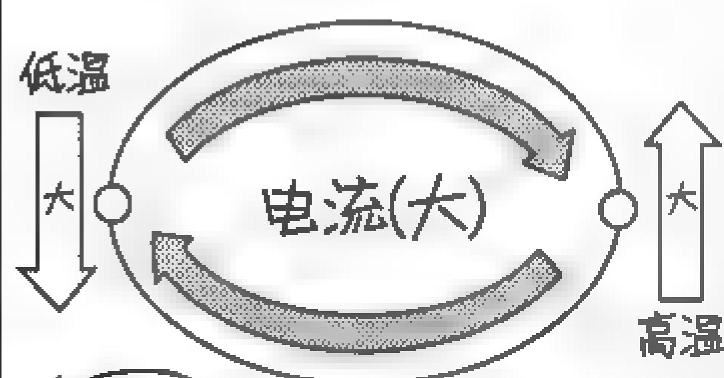

金属B
金属A
在此有A和B两种金属。





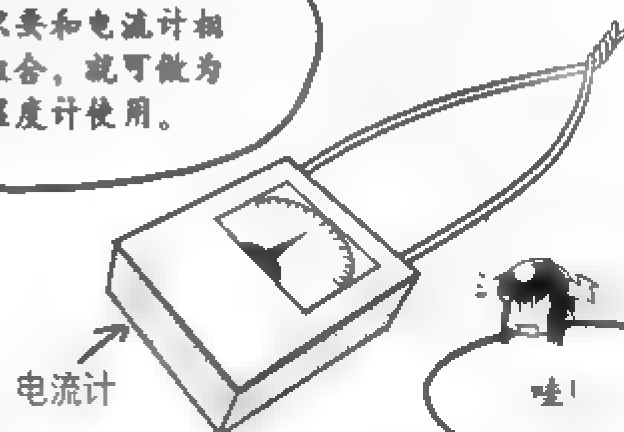


1 塞贝克效应：Seebeck Effect。



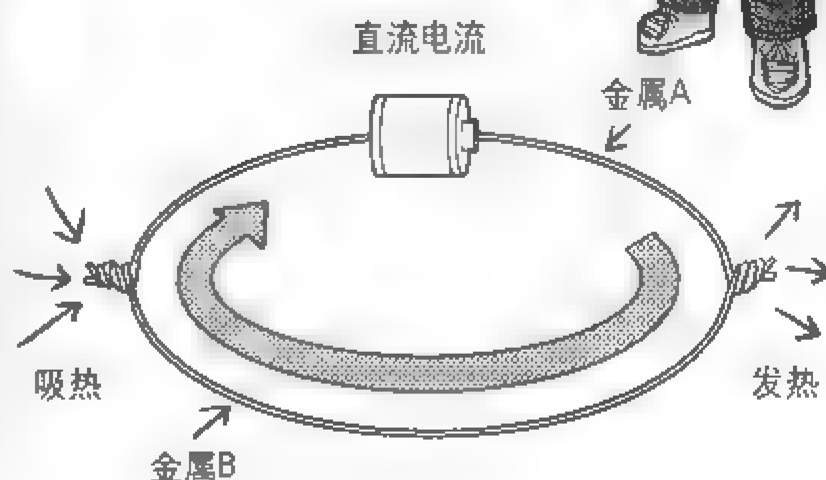












1 热电偶：Thermocouple。











1. 珀尔帖效应：Peltier Effect。 2. 珀尔帖元件：Peltier Element。 3. 温差电现象：Thermoelectric Phenomena。


喂!
我是丽丽子。
如何? 学习得还顺利吧?


是呀!
完全没有问题。
趁现在赶快去洗澡……


把、你、你送回来的日、日期・・

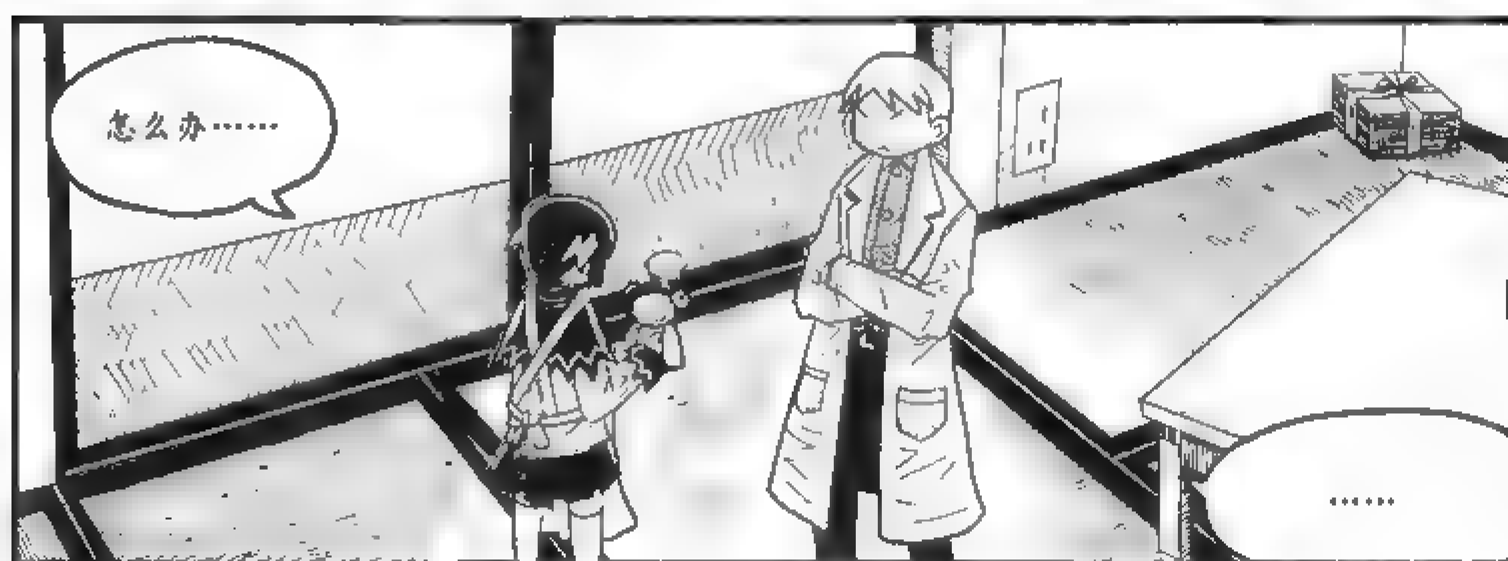

碰!!
啊!!
吓一跳
咦!?

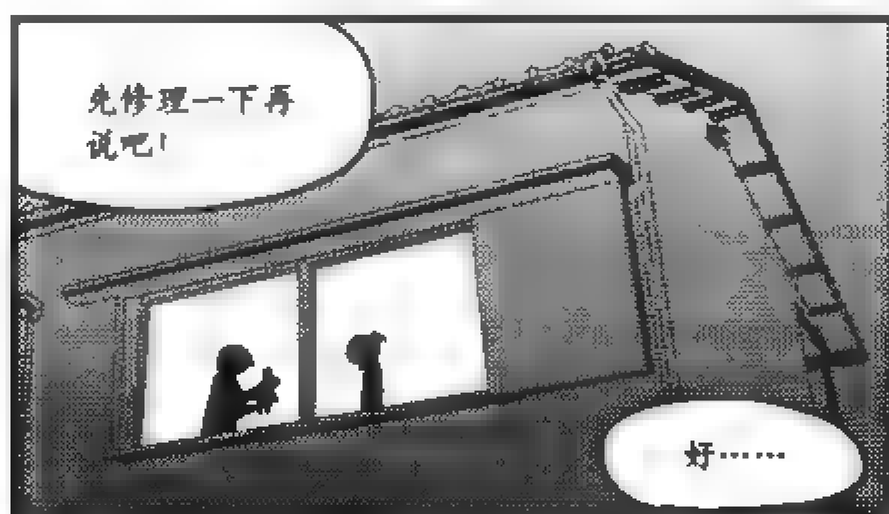

怎么了?
碰
小光老师!
世之助……


世之助坏掉了啦!
咪咪咪……


完全坏掉了吗？
咻咻咻……
咻……


怎么会这样，那我就无法和电邦联系了，也不能回家了。

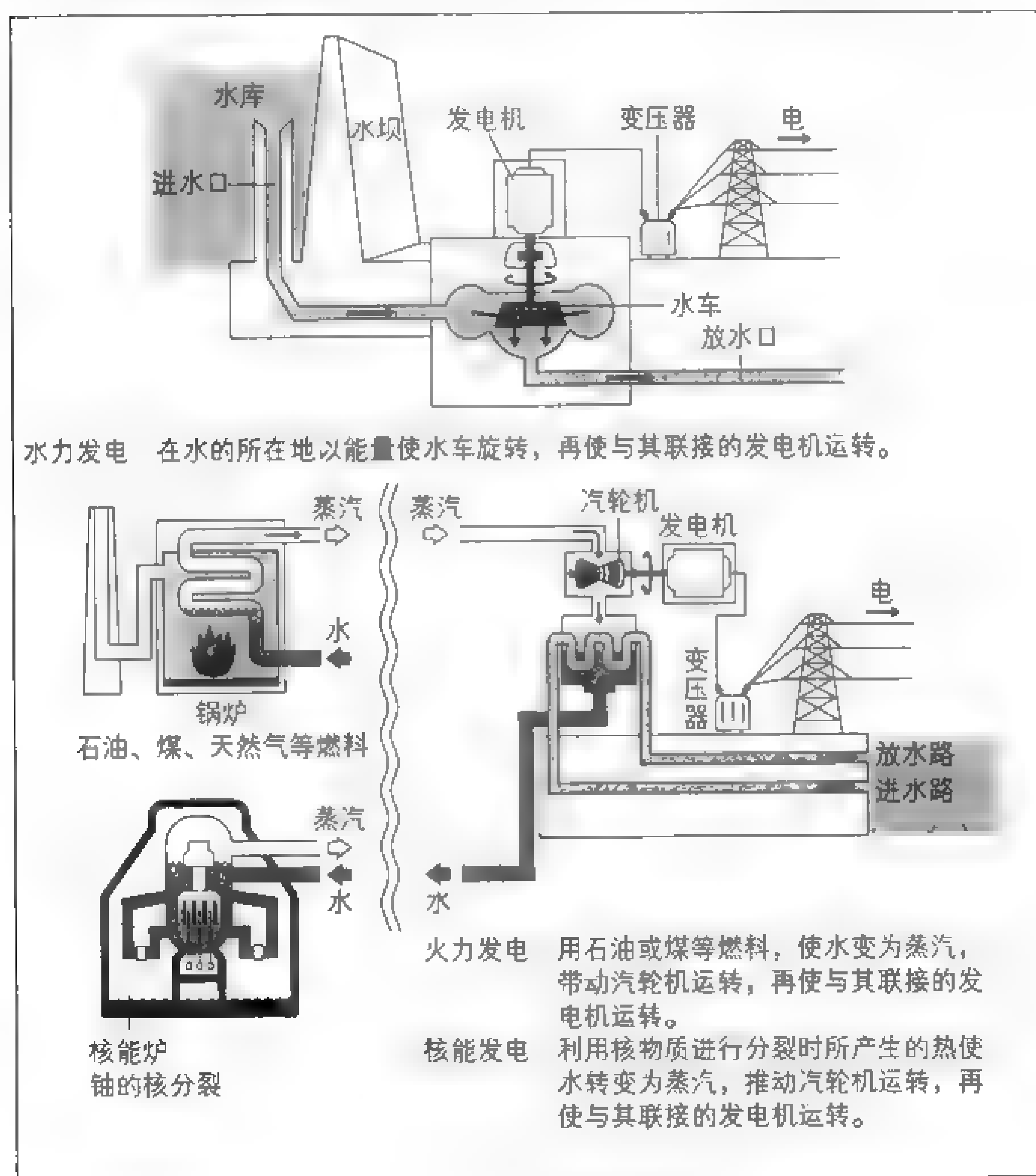

怎么办……
……


先修理一下再说吧！
好……

追根究底

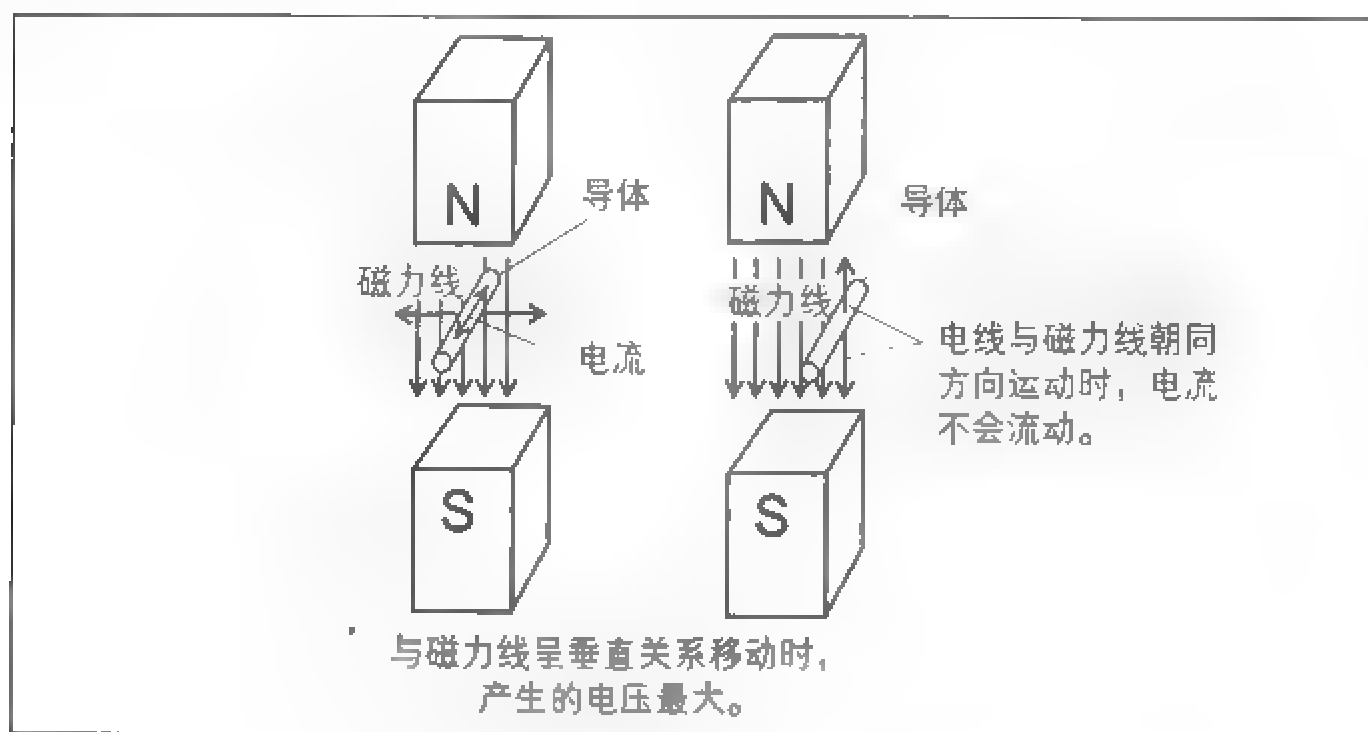
发电厂生产的电

发电厂或者借助水力带动水车旋转，或者借助火力或核能所产生的蒸汽使蒸汽机运转，再利用汽轮机所产生的力使发电机运转从而产生电力

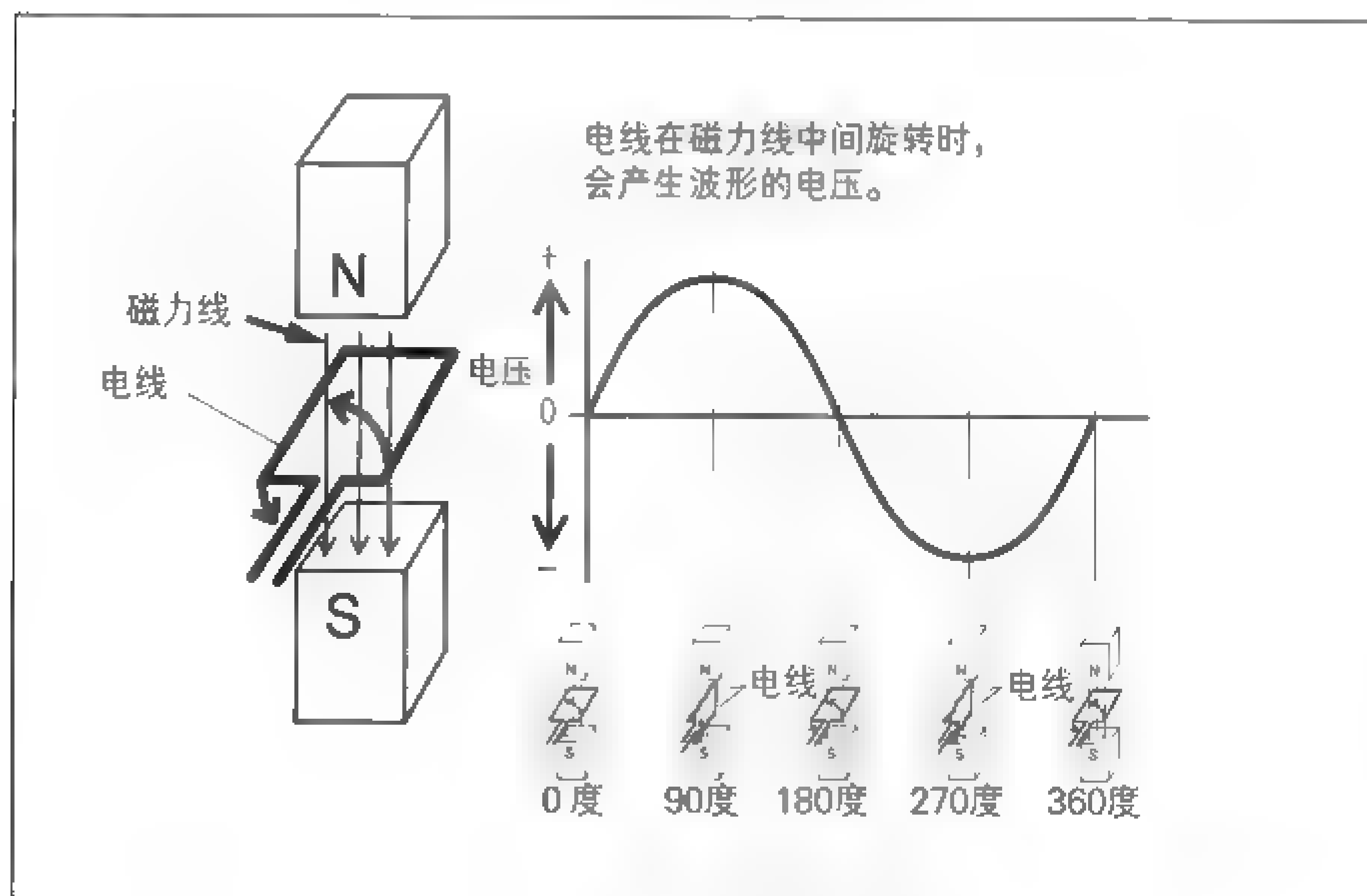


◆ 图4-1 发电厂所制造的电

发电厂的发电原理利用的是弗莱明右手法则。实际上，由于导体在磁力线中进行旋转运动，因此会随时间产生出大小和流动方向如波浪一般，且反复变化的电流。由此产生的电压在电线与磁力线呈直角相切时值最大，而磁力线的方向和电线的移动方向相同时电压为0。



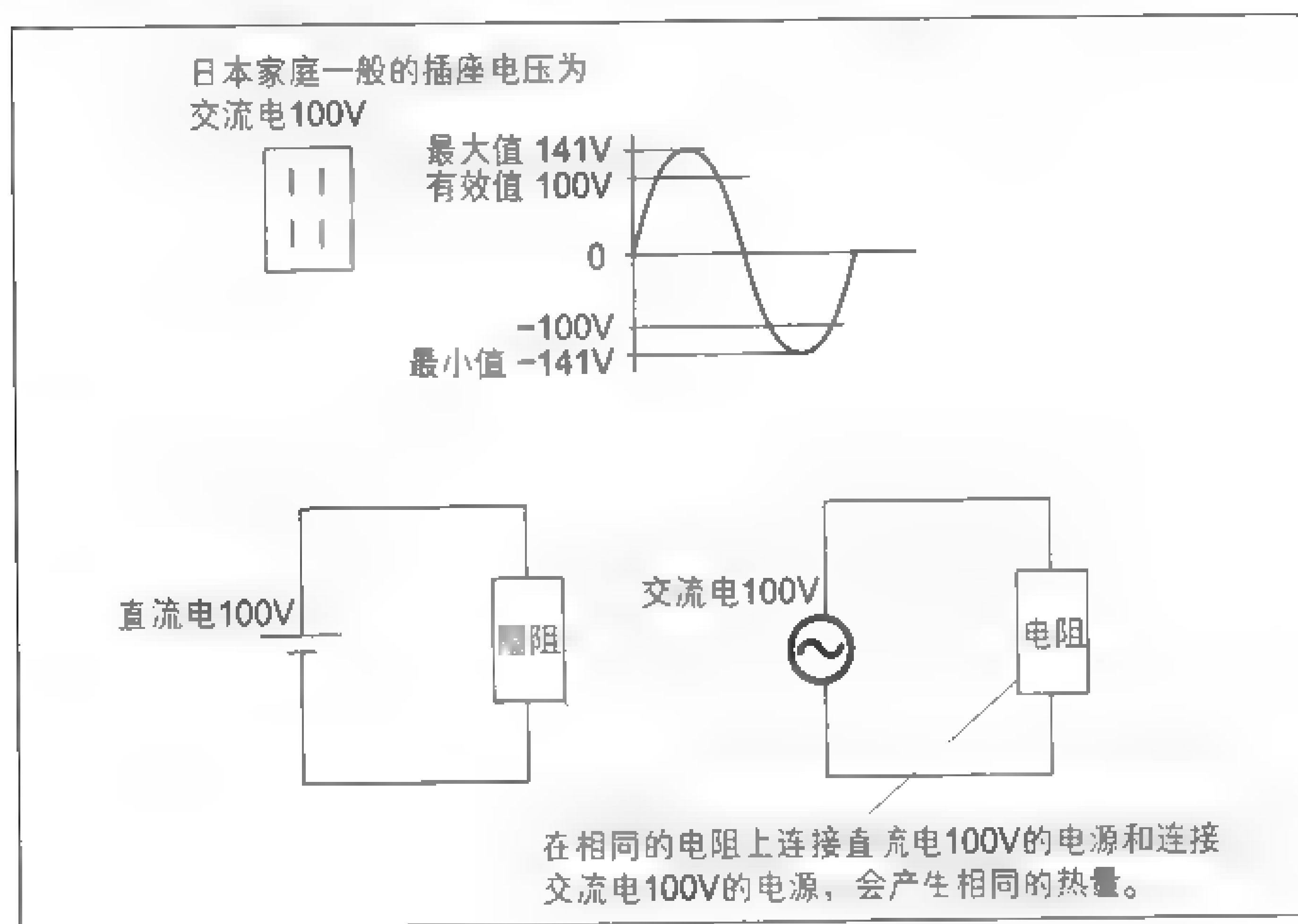
◆ 图4-2 导体产生的电



◆ 图4-3 发电机所制造的电

发电机生产出来的电称为交流电，也就是发电厂送到千家万户的插座里的电。导体在磁力线中旋转1次产生的波即为1个波，导体每秒回转50次，也同样产生50个波。此即为频率50Hz（赫兹）的电。

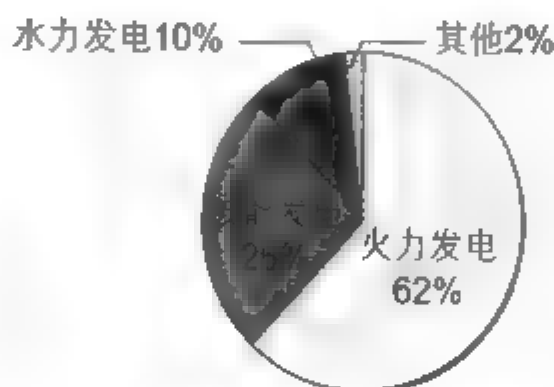
日本一般的插座电压为交流电100V，这种电力的波的最大值约为141V。100V的值代表有效值，这是直流电执行相同工作时的电压值。换句话说，对相同电阻施加直流电100V时所产生的热量，和施加交流电100V所产生的热量相同。



◆ 图4-4 交流电压和有效值

日本发电量的构成情况

日本的发电量中，火力发电、核能发电及水力发电占了全部发电量的98%。

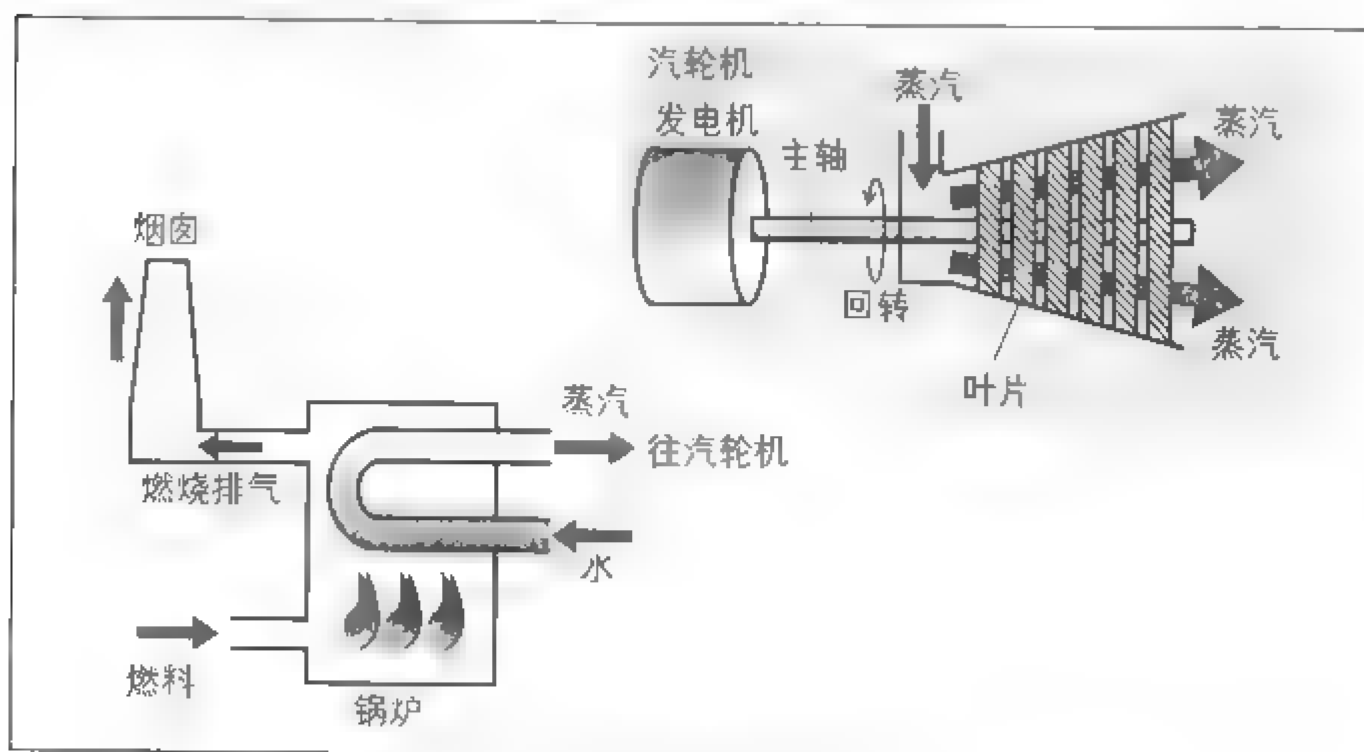


◆ 图4-5 发电量的构成

火力发电

如今发电量最多的火力发电(Thermal Power Generation)中，分别有传统蒸汽动力发电（Steam Power Generation）、内燃动力发电（Internal Com-bustion Power Generation）、燃汽涡轮发电（Gas Turbine Generation）、复循环发电（Combined Cycle）等几种。

蒸汽动力发电以锅炉燃烧石油、煤、液化天然气（LNG）等燃料，产生高温、高压的蒸汽后，再以蒸汽产生的力转动和发电机相联接的汽轮机进而发电。



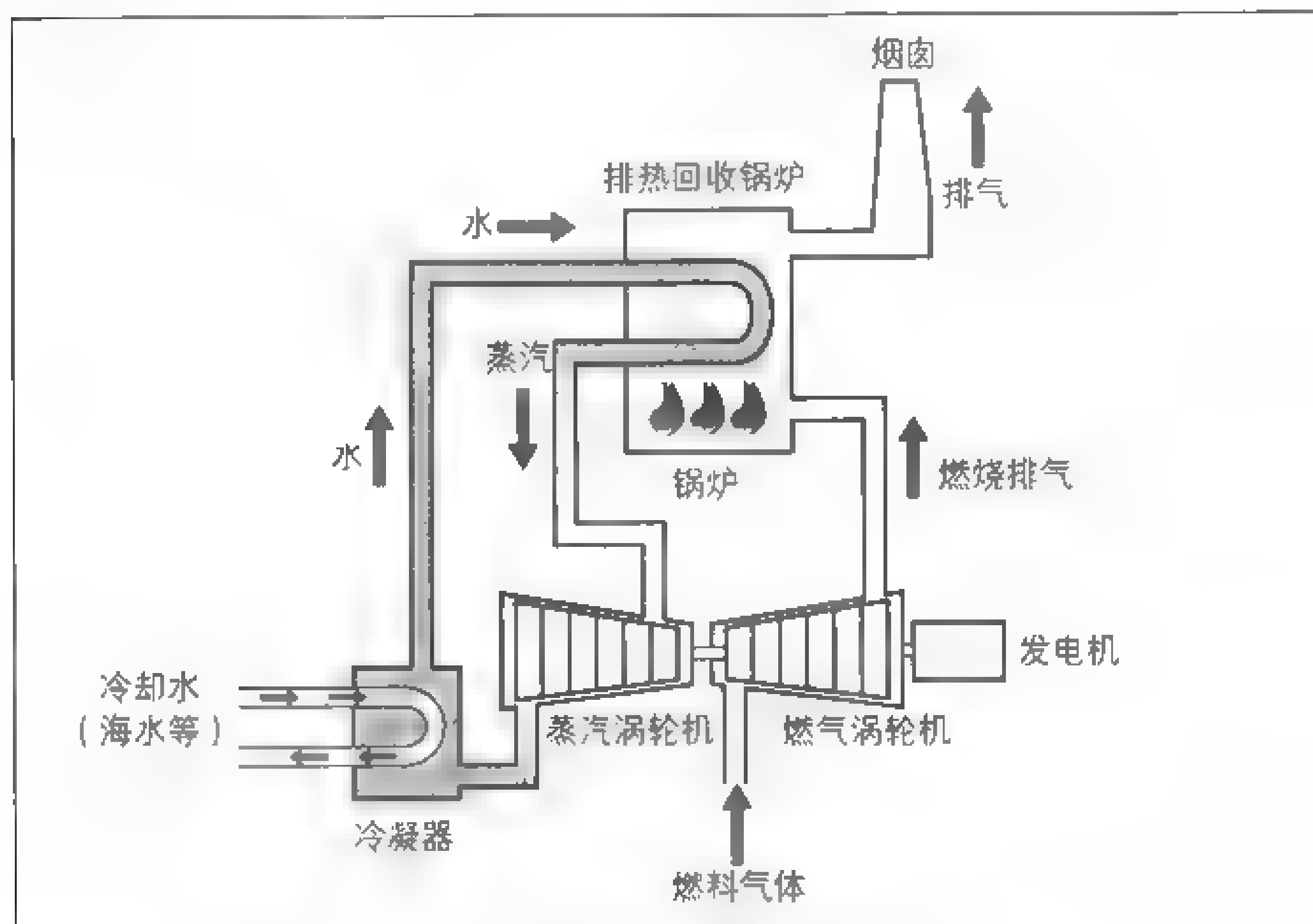
◆ 图4-6 汽轮机和传统蒸汽动力发电

用于发电的蒸汽，用冷凝器（Condenser）冷却后变成水再送回锅炉。

内燃动力发电是利用柴油引擎（Diese Engine）等的内燃机来发电，

燃气涡轮发电是用煤油、轻油等气体来推动燃气涡轮发电。

复循环发电是传统蒸汽动力发电及燃气涡轮发电的组合，因为这是先以燃气涡轮机发电，再以排气的热来产生蒸汽，使蒸汽涡轮机运转发电的设备，因此为热效率极佳的发电方式。

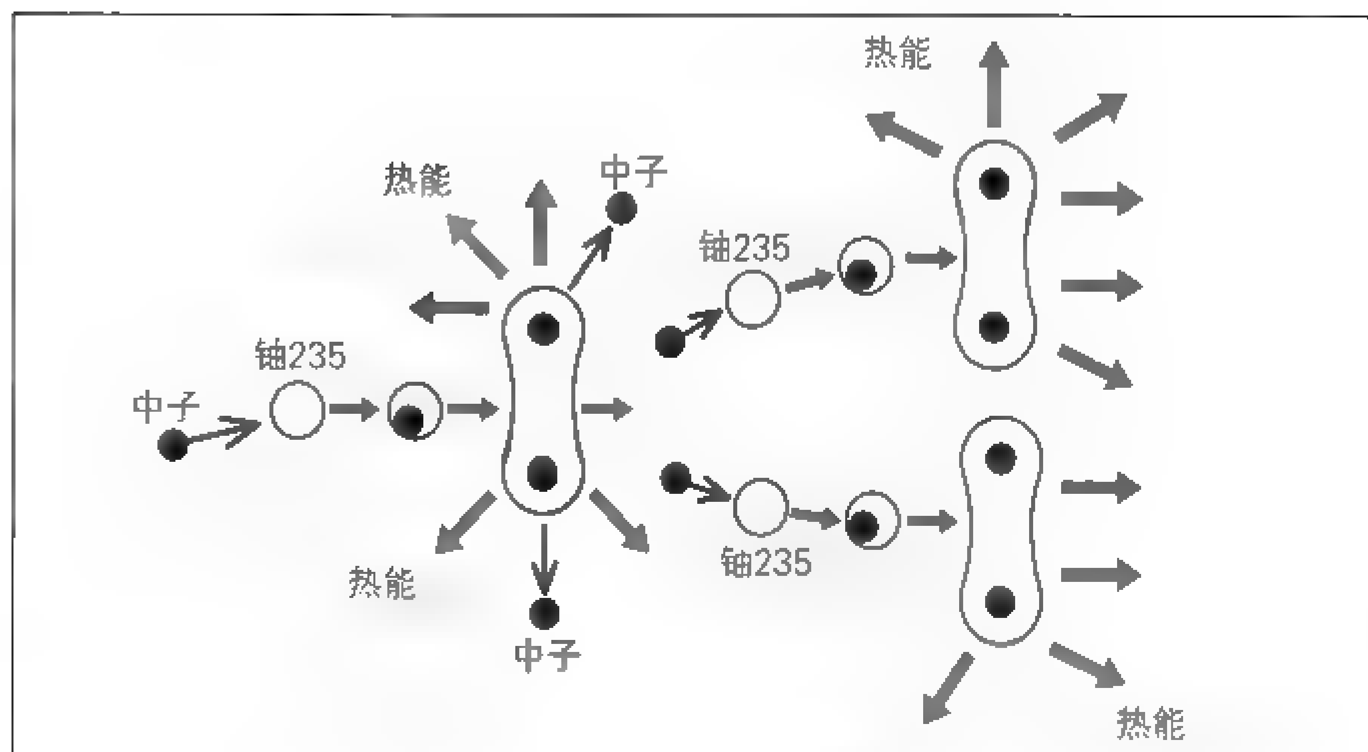


◆ 图4-7 复循环发电

■ 核能发电

核能发电是指在反应堆（Reactor）中，用铀（Uran）进行核分裂时产生的热来制造高温、高压的蒸汽，再带动汽轮机运转从而发电。铀235和中子碰撞后，原子核会分裂成两个，此时会发射出数个中子及热。接着中子又会继续和其他的铀235发生碰撞，引起核分裂，并产生大量的热能。

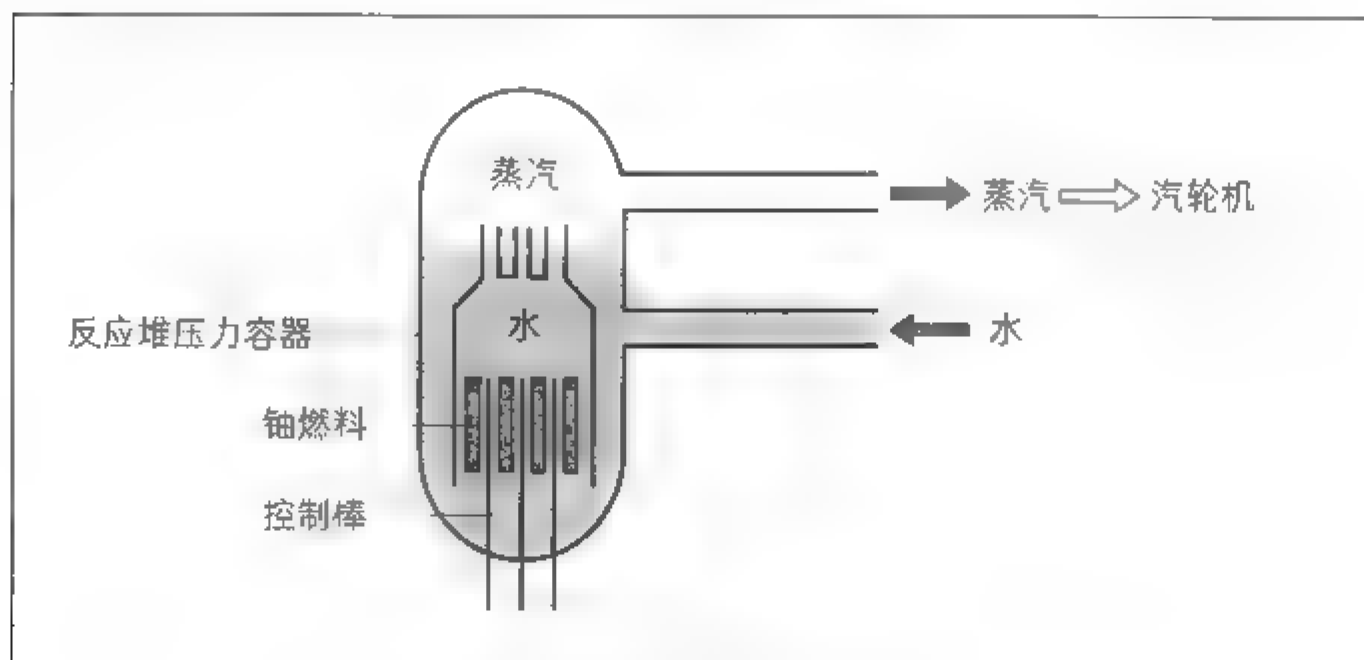
核能发电以此热能来制造蒸汽，和火力发电一样，利用蒸汽推动汽轮机来发电。在反应堆中使用吸收中子的控制棒（Control Rod）和减慢中子速度的减速材料（缓和剂）来控制核分裂，并调节反应堆的产出。



◆ 图4-8 铀235的核分裂

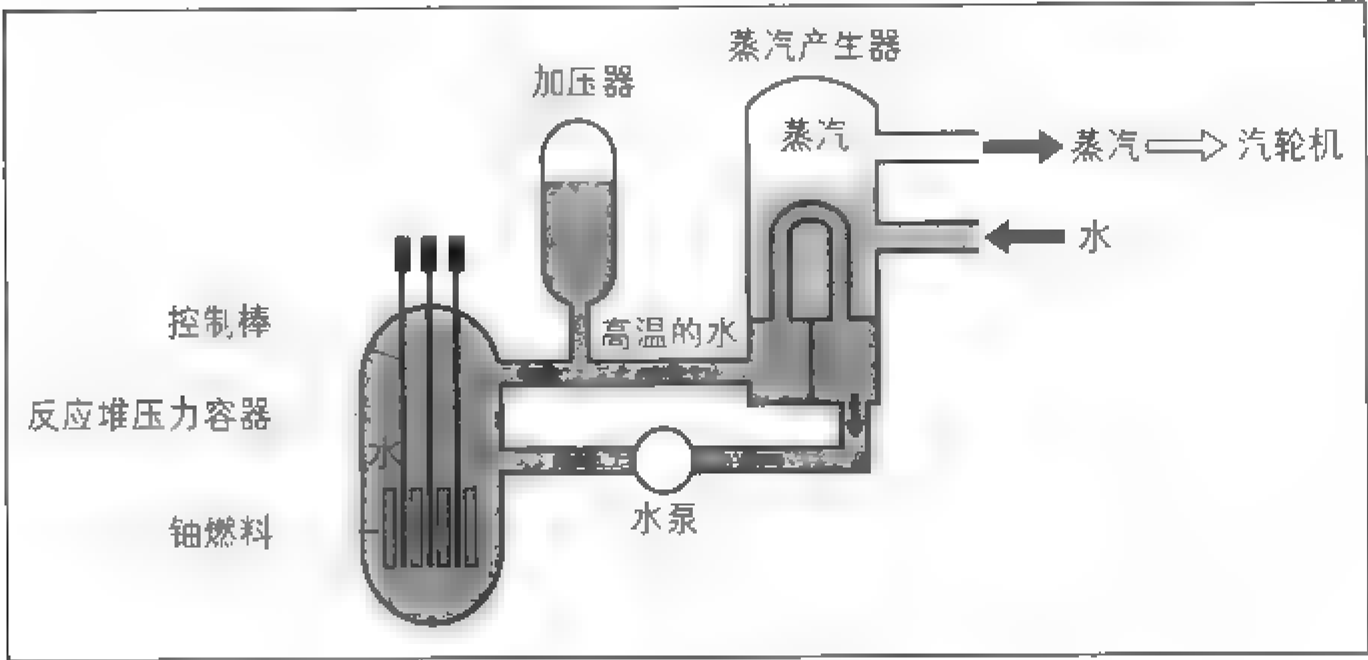
反应堆有许多种类，而目前最常用的是用轻水（普通的水）作为减速材料及冷却材料的轻水反应堆（Light-Water Reactor, LWR）。而轻水反应堆中又分为沸水式反应堆（Boiling Water Reactor, BWR）及压水式反应堆（Pressured Water Reactor, PWR）。

沸水式反应堆直接将反应堆压力容器中所产生的蒸汽送至汽轮机，推动汽轮机运转后，蒸汽再经过冷凝器复原成水后再利用。冷凝器是将海水等用于发电的蒸汽加以冷却后形成水，并再利用的装置，因此也可用于火力发电。



◆ 图4-9 沸水式反应堆

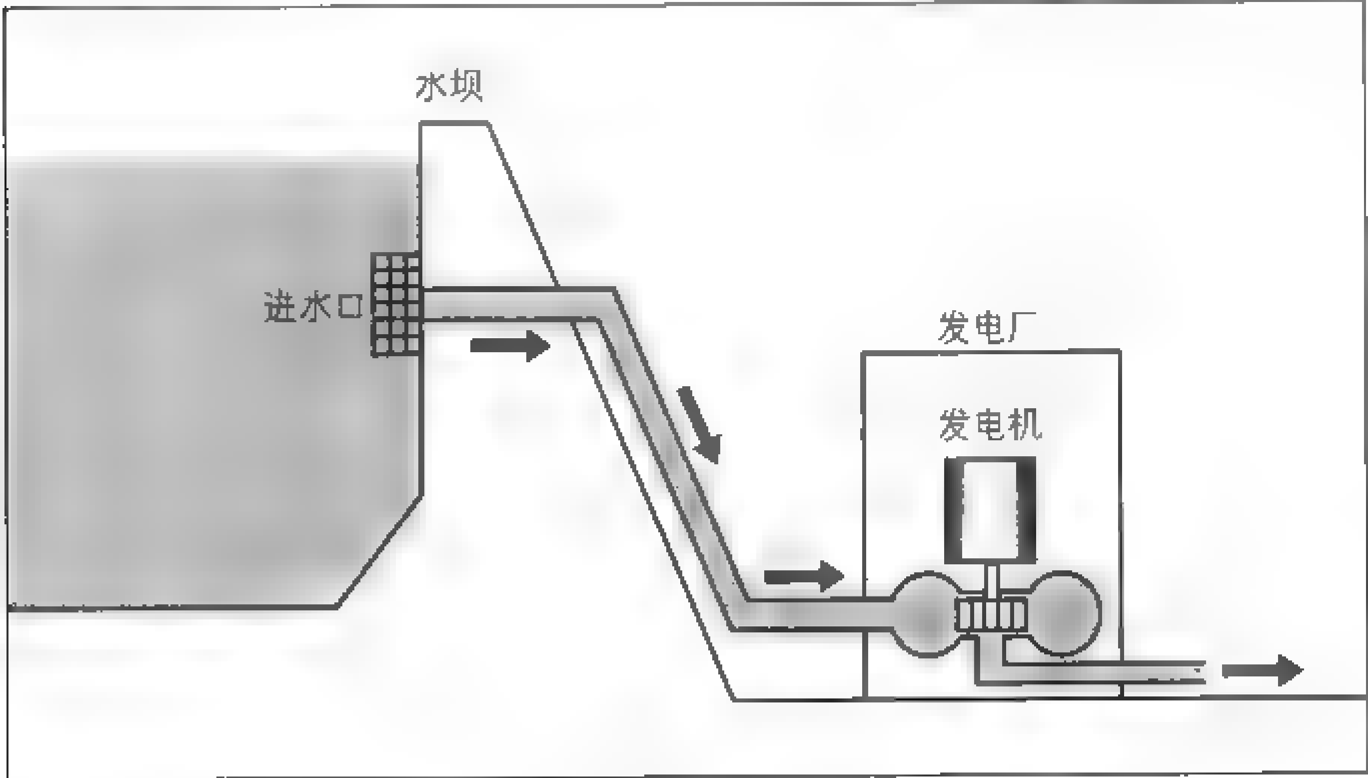
压水式反应堆是将在反应堆压力容器中产生的热水送到蒸汽产生器，并将来自次回路的水加热为蒸汽，再推动汽轮机运转。



◆ 图4-10 压水式反应堆

水力发电

水力发电是利用水的位能（Water Potential）来发电的。水坝式发电则是在较高的场所蓄水，再由此使水流下，以推动与发电机相连的水车来发电。

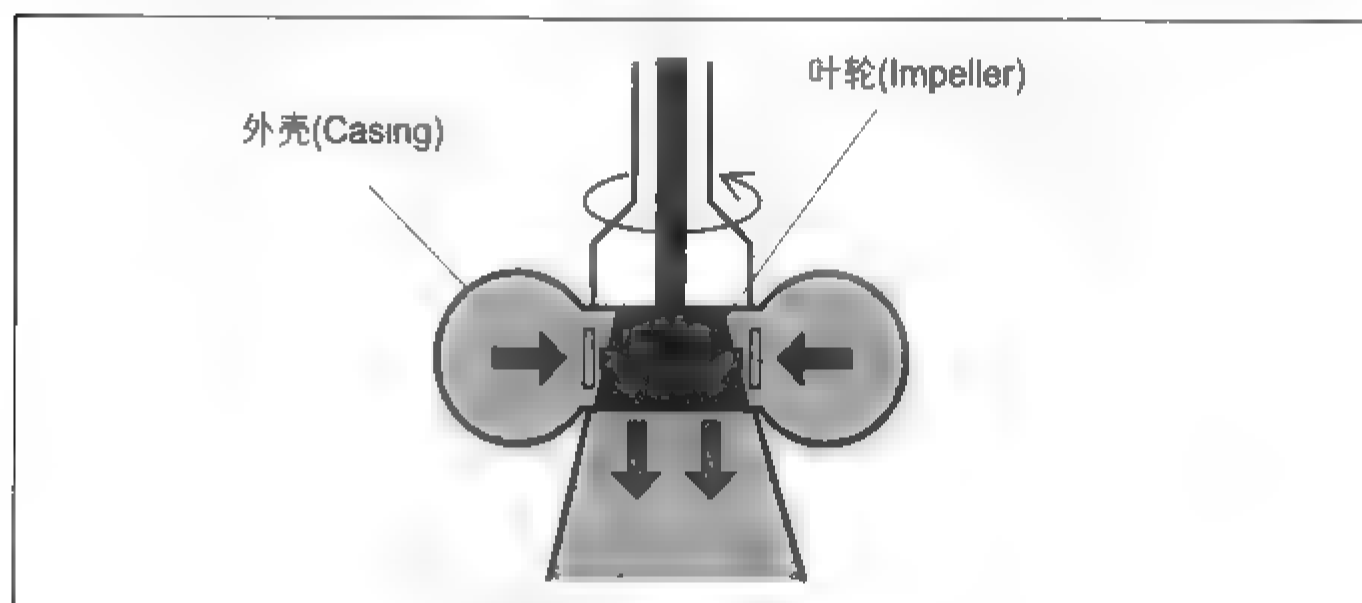


◆ 图4-11 水坝式发电厂

水力发电在开始或停止发电以及发电量的增减上，较火力发电及核能发电简单一些，因此可根据不断变化的电力需求量来控制发电量。此外，在电力需求较小的时间带，可以使用水泵将水抽上来，作为位能储存起来。

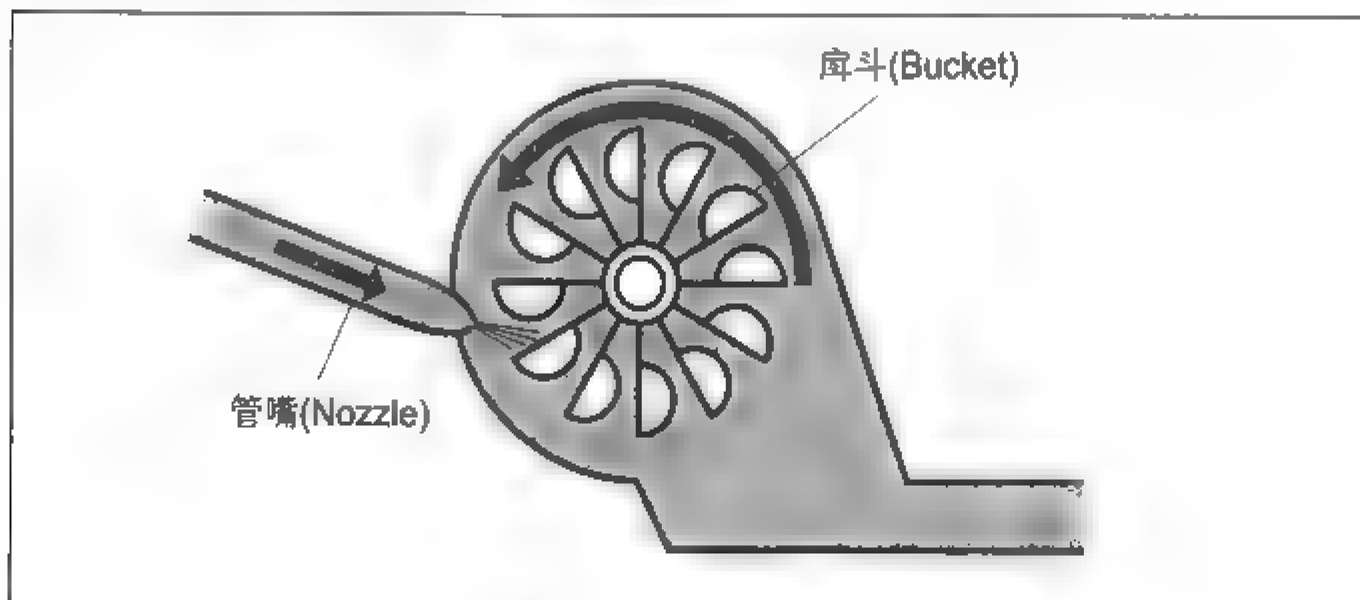
水力发电可有效地利用水的能量，因此可根据水位的落差与水量的不同，分别使用不同类型的水轮机。

在水流量多，且具中高水位落差的地点通常使用弗兰西斯水轮机（Francis Turbine）。此类水轮机约占了全日本水力发电的七成，它是由导水管以全方位垂直进水，以水冲撞叶片内侧产生动能而转动的水轮机。



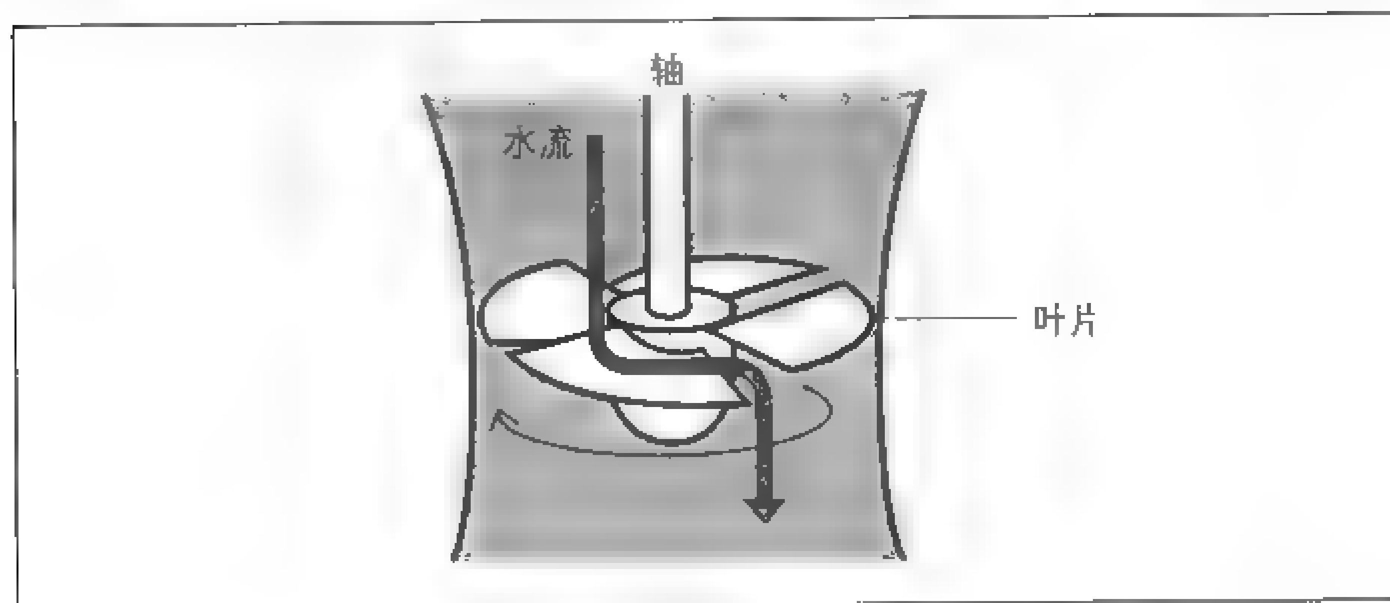
◆ 图4-12 弗兰西斯水轮机

佩尔顿水轮机（Pelton Turbine）是将由管嘴喷出的水，冲撞碗型的戽斗（叶片），以反作用力来转动的水轮机，适用于高水位落差的场所。



◆ 图4-13 佩尔顿水轮机

卡布兰水轮机（Kaplan Turbine）是将连接在轴上的数枚螺旋桨形状的叶片，配合水的流量及落差的变动，而改变角度来旋转的水轮机，多适用于低水位落差的场所。叶片的角度无法改变的类型称为螺旋桨型水轮机（Propeller Turbine）。

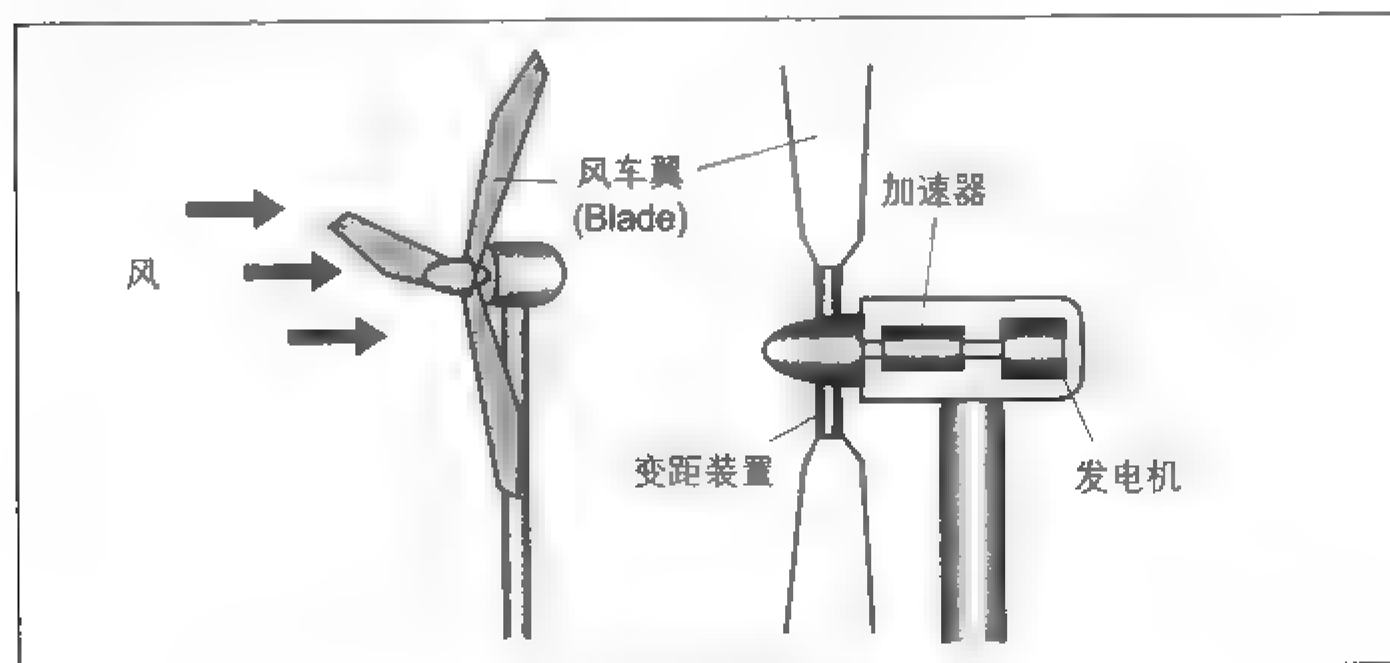


◆ 图4-14 卡布兰水轮机

虽然目前水力发电仅占日本全国发电总量的10%，但对于资源贫乏的日本而言，仍然是相当重要的发电方式。

■ 风力发电

风力发电是利用风力来推动风车，以风车产生的力使发电机运转从而发电的发电方式。



◆ 图4-15 风车的构造(螺旋桨型风车)

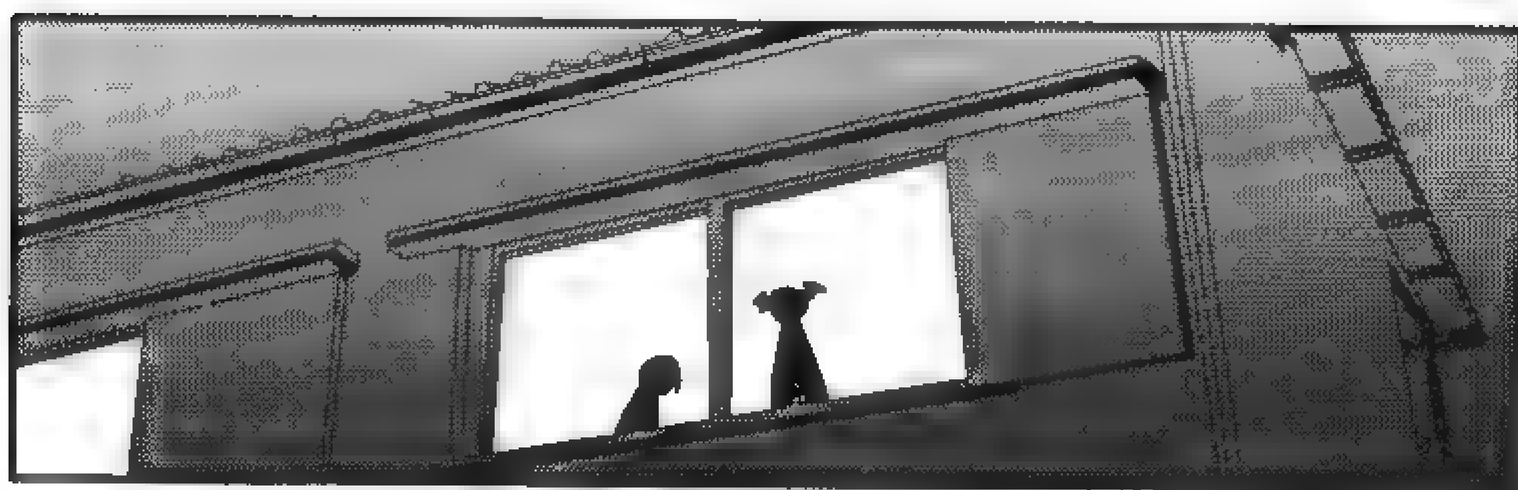
风力发电用的风车有许多种类，而最常被使用的是风能利用效率高的螺旋桨型风车。此类风车以风车翼来迎风，并引发回转运动，再借由加速器来提升回转速度以使发电机运转。此外，时常以风向计来计测风的状态，透过调整螺旋桨的方向或风车翼角度至最佳状态，以期更充分地利用风力。

风力发电的电力供给会受风向及风速的变动影响，且风车回转时产生的噪声也是个问题，然而这种发电方式由于不需燃料且不会排放气体，因此是比较环保的发电方式。

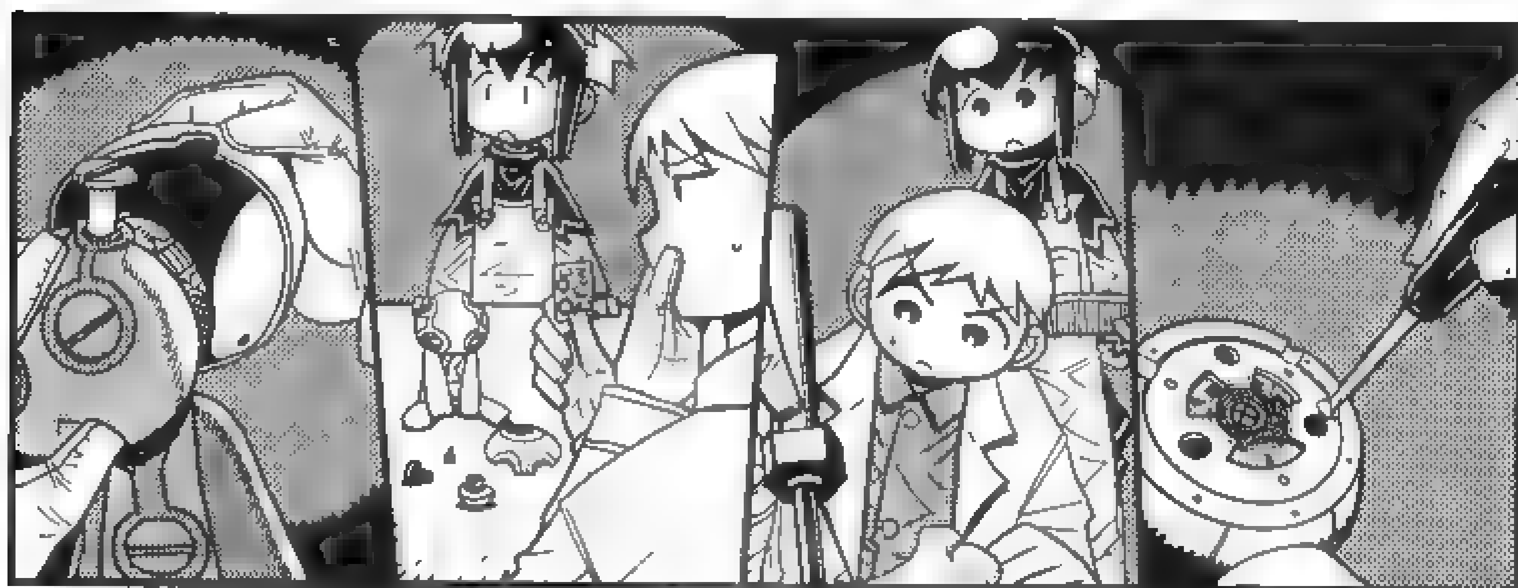
第5章
元器件



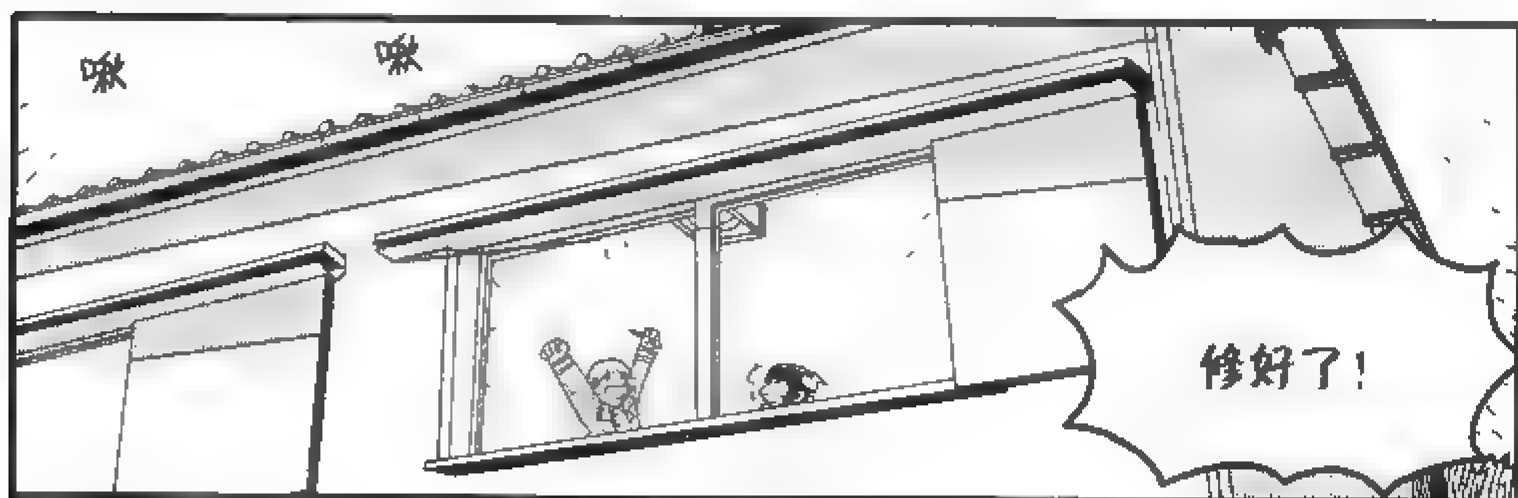
所幸目前地球上的技术是可以修好世之助的。



小光彻夜尝试修理世之助。



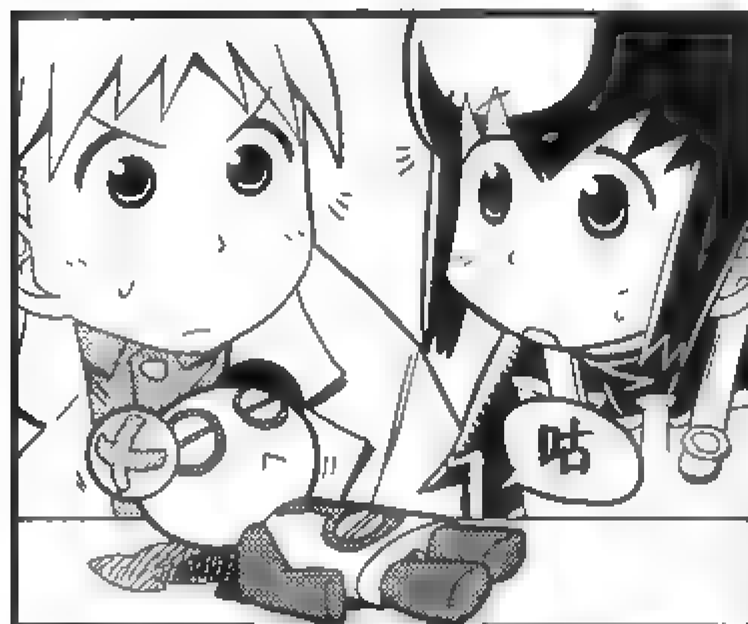
数日后……




真的吗?!
故障部位很容易修，所以应该没问题……
咔嚓


……了吧!
"吧"?


毕竟是另一个世界的机器人，所以无法100%保证唉!
咔嚓咔嚓
咔嚓咔嚓


咕

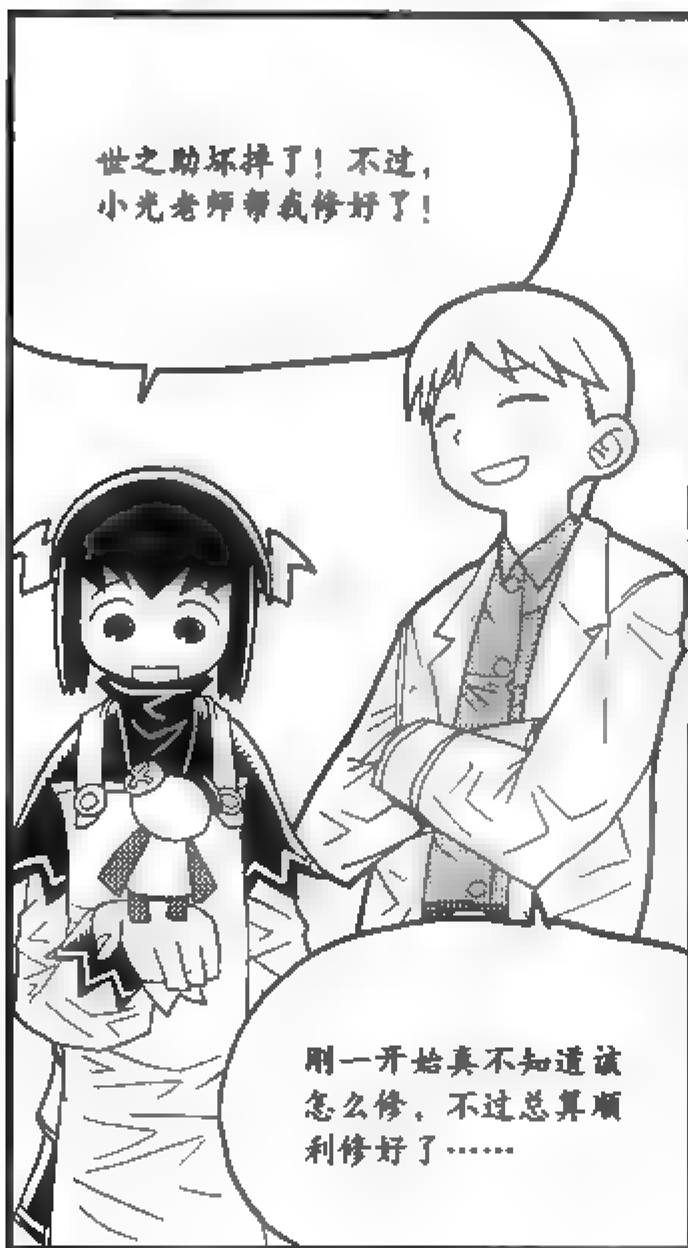

咕
咕
咕
喔、喔!

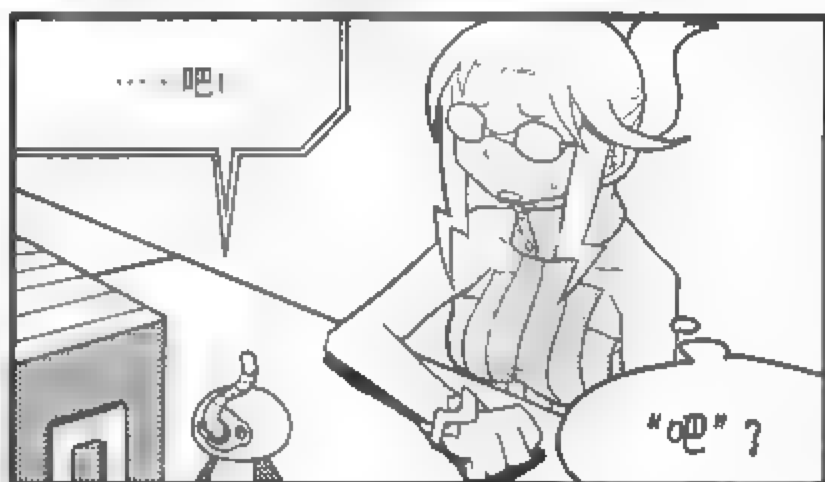

我怎么了……好像失去意"四"了。
意"四"!?


语言功能还未完全恢复，其他功能应该是没问题
……吧!
又是"吧"!


噗噜噜
噗噜噜


喂！特特卡老师，听得见吗？
听得到啊！上次怎么突然挂断了呢？


世之助坏掉了！不过，小光老师帮我修好了！
刚一开始真不知道该怎么修，不过总算顺利修好了……


……吧！
"吧"？


话说回来，今天要把你召回！准备好了吗？
啊！？怎么这么突然……

之前就想告诉你了……详情等你回来再说吧！
我这边开始做召回的准备工作，你也要快点整理喔！
好、好的……
那么，下次再说吧！
噗
……
……
要回去了喔……
真、真不知道该怎么办才好……突然这么通知我。
好吧！那今天就到外面上课吧！
外面吗？


哇!


这里就是电器街秋叶原吗！真是太热闹了！
哇！


而且在这里即使穿着电邦的衣服看起来也很普通呢！
……不。

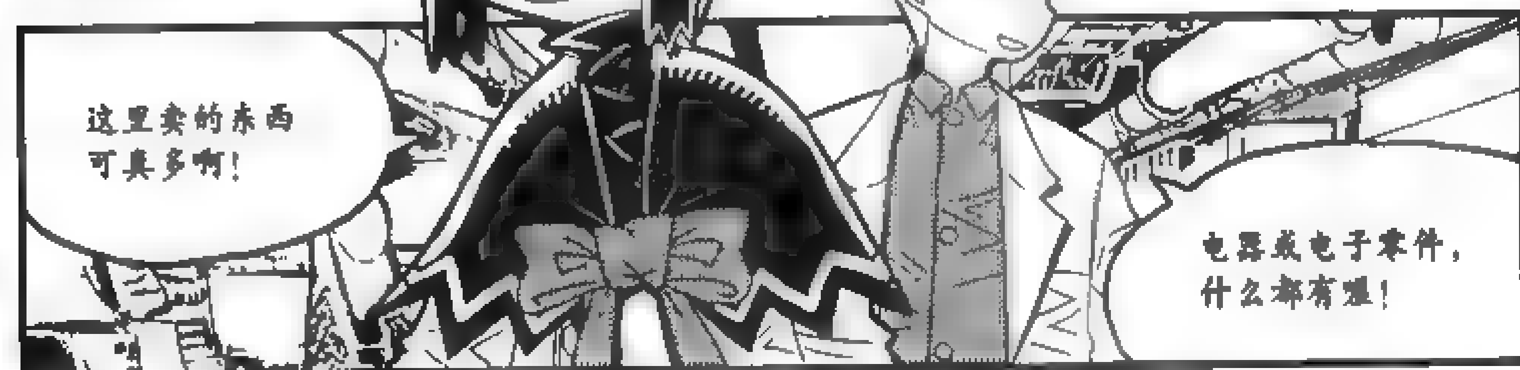

咔嚓 咔嚓 咔嚓 咔嚓
大家似乎都在拍你……
哇!


总之，今天就在这边解说重要的电器零件及半导体。
咔嚓
咔嚓
咔嚓
好、好的!

1. 半导体是什么

半导体和半导体元件[1]



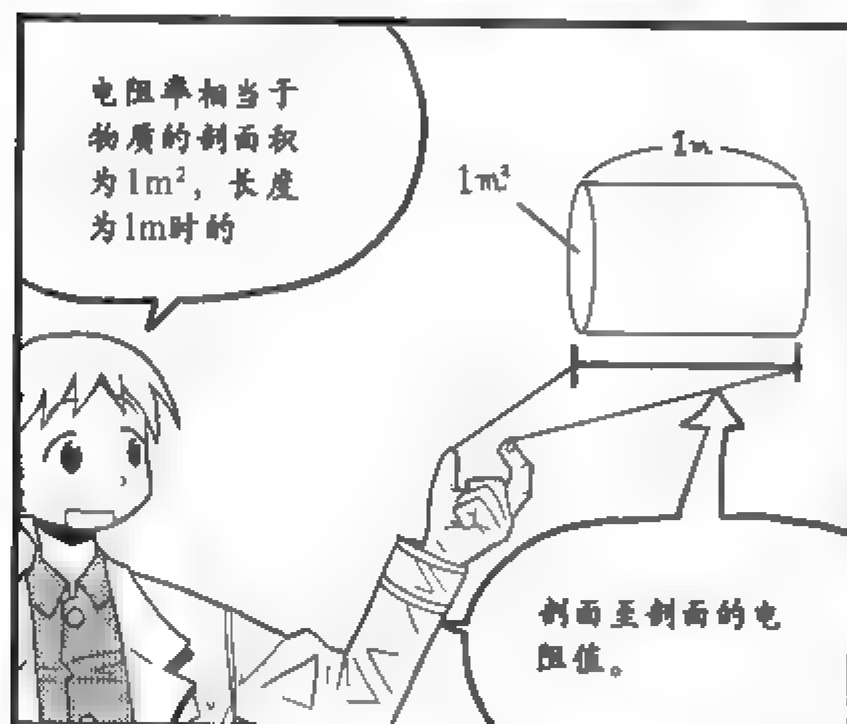




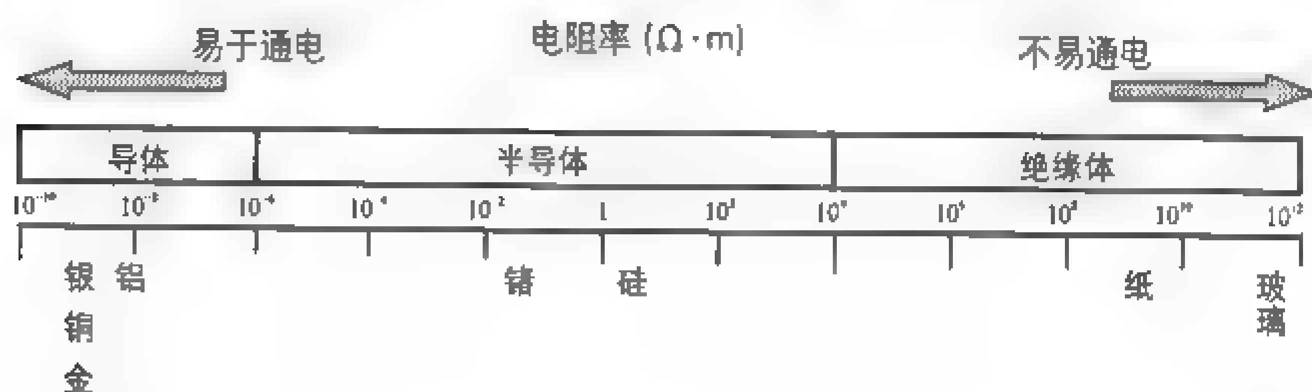


1 半导体元件: Semiconductor Devices。 2. 半导体: Semiconductor。


物质的电阻大小以名为“电阻率”的物质固有的数值来表示。
电阻率
每种物质的电阻率都是固定的，对吧！


电阻率相当于物质的剖面积为1m²，长度为1m时的
1m²
1m
剖面至剖面的电阻值。


哇——
Ω·m
电阻率用Ω·m（欧米）这个单位来表示。


易于通电
电阻率（Ω·m）
不易通电
导体
半导体
绝缘体
1
银
铜
金
铝
锗
硅
纸
玻璃




各种物质的电阻率大致如上。
了解！



值得一指的是半导体会受热或光电的影响而改变导电性。

真是不可思议的物质啊！

硅与锗是实际可制成半导体的元素。

元素符号

Ge 锗　Si 硅

二极管

晶体管

使用半导体制成的二极管及晶体管等零件称为半导体元件。

这还是很容易理解的。

Ge 锗　Si 硅

硅或锗都是由单一元素形成的。

镓+砷 ‖ 砷化镓

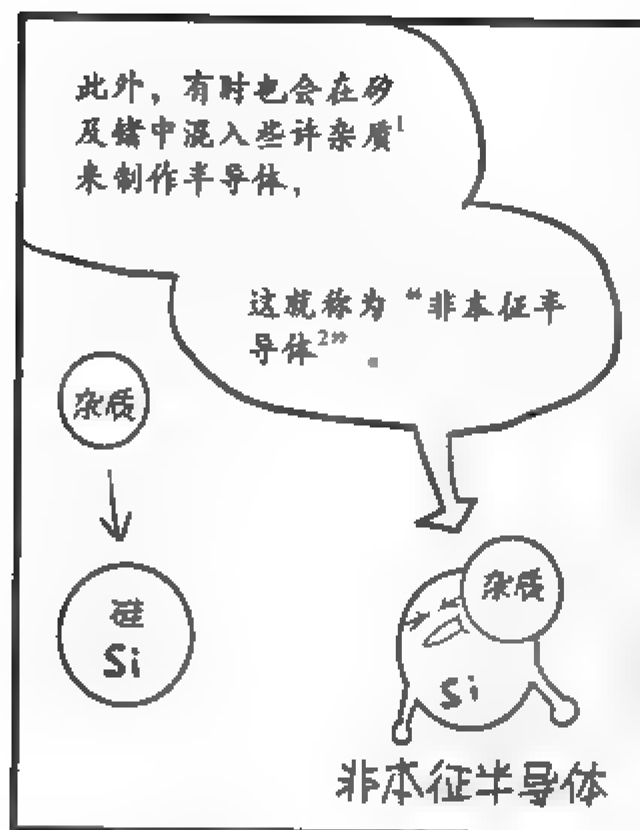
啾

镓 Ga　砷 As

砷化镓[1]等由两种以上的元素组成，这种半导体称为化合物半导体[2]。

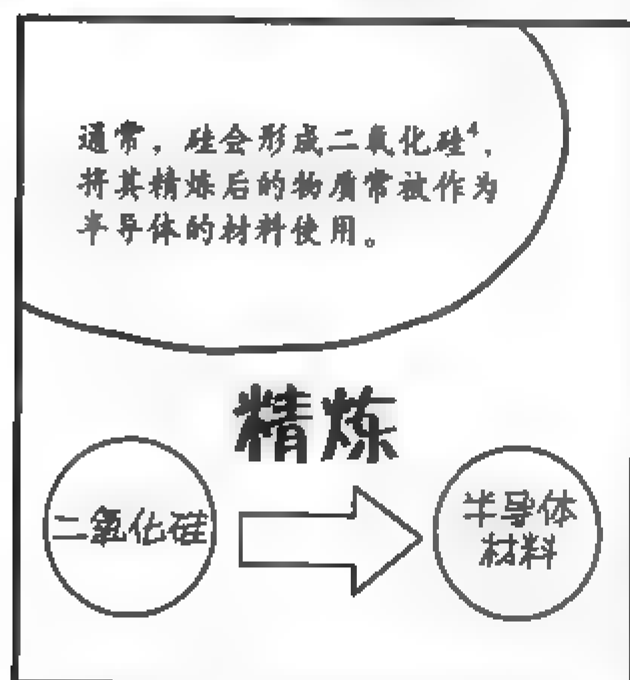
原来如此。

1 砷化镓：Gallium Arsenide。　2. 化合物半导体：Compound Semiconductor。



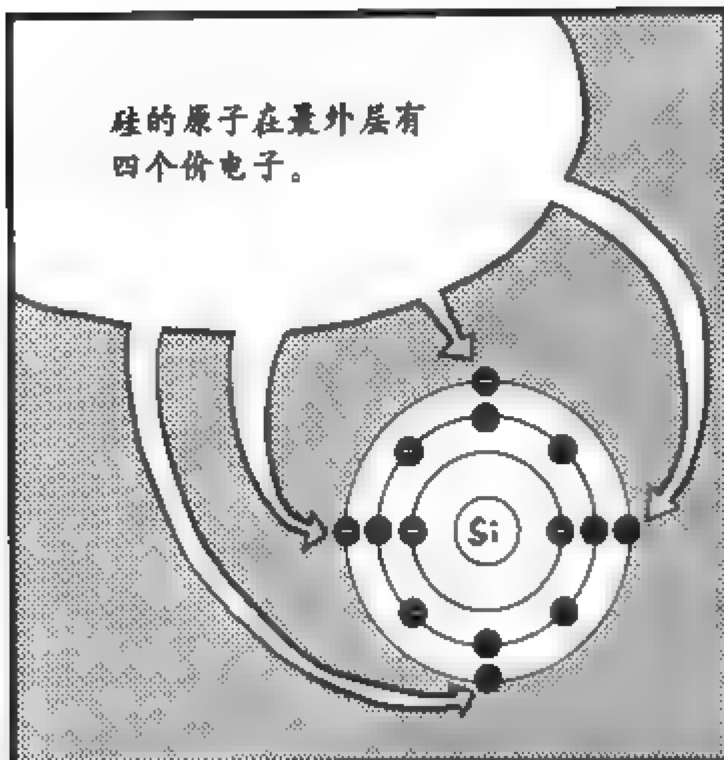






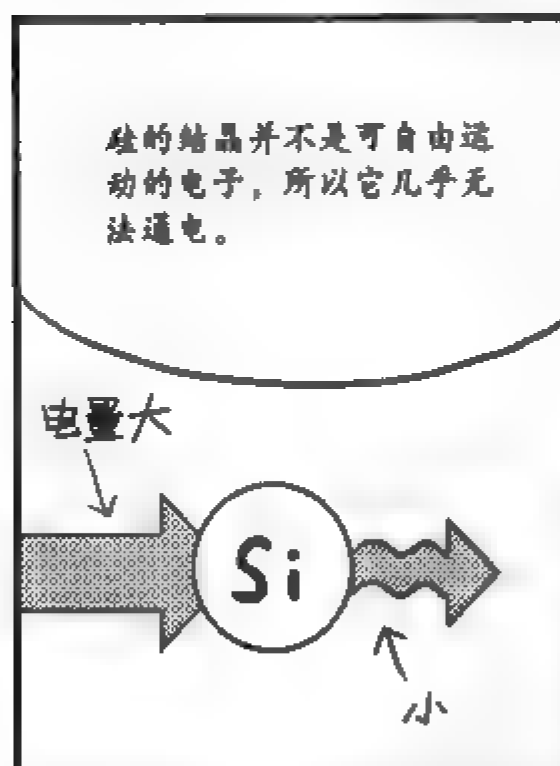


1 杂质：Impurity。 2 非本征半导体：Extrinsic Semiconductor。 3 本征半导体：Intrinsic Semiconductor。 4 二氧化硅：Silica。



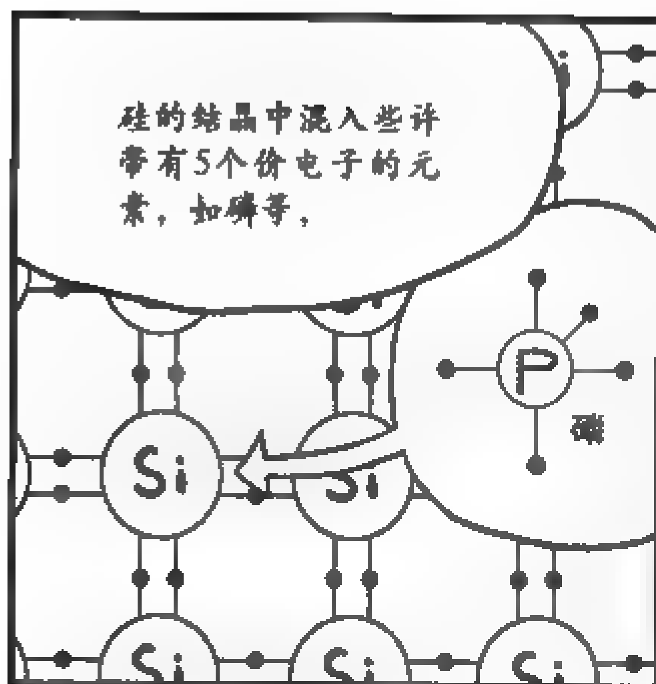


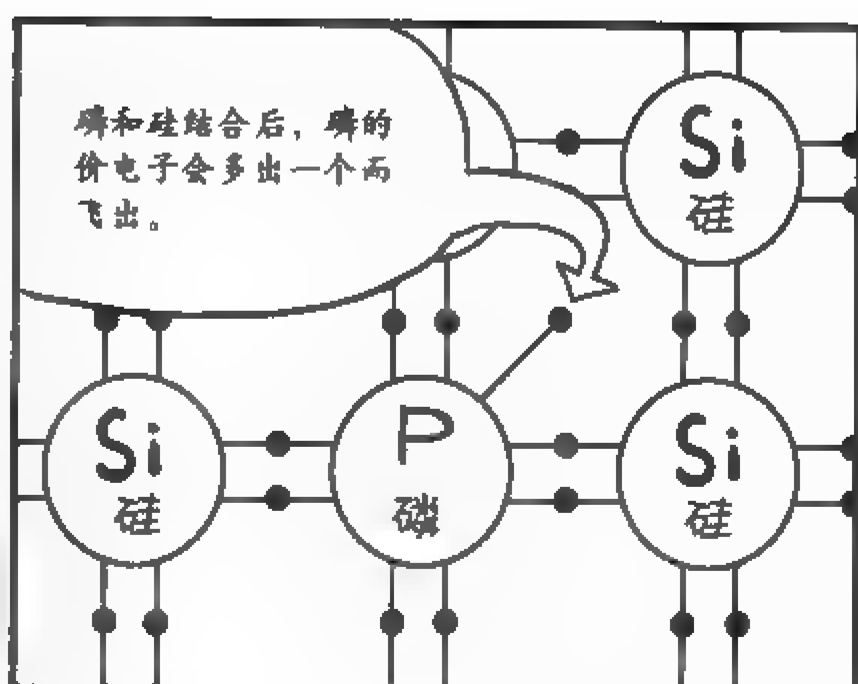


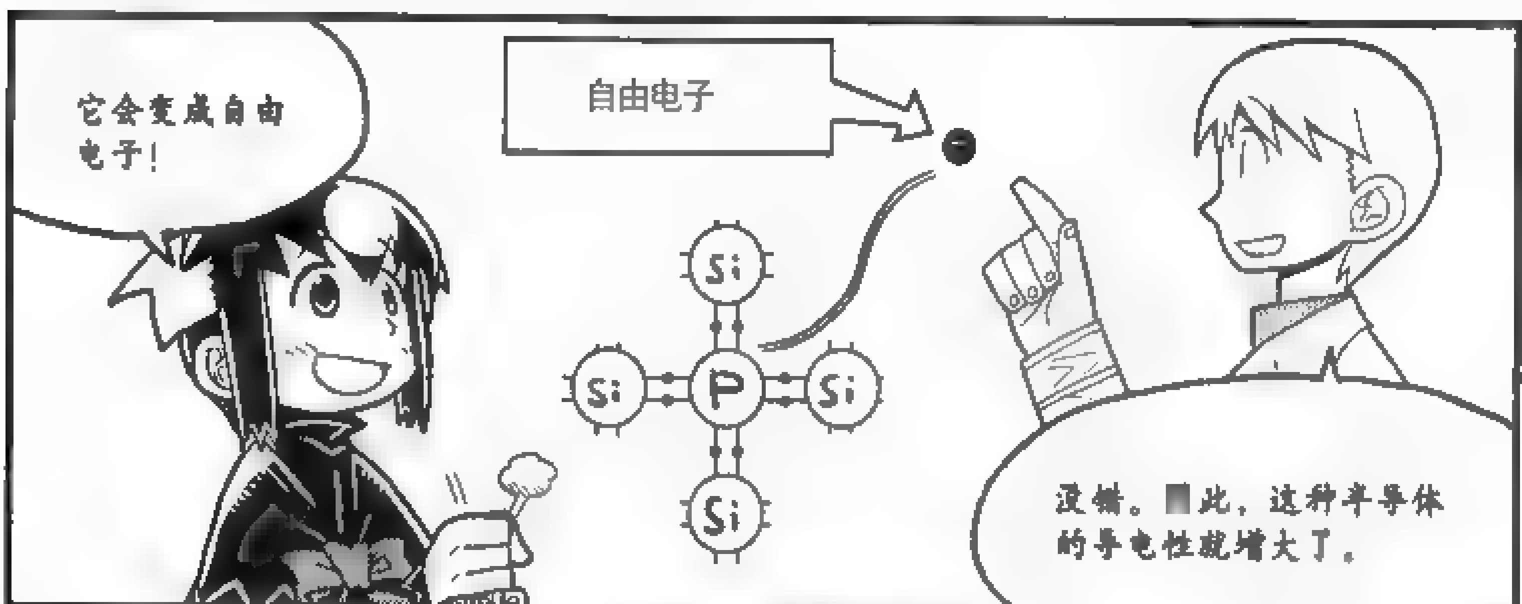


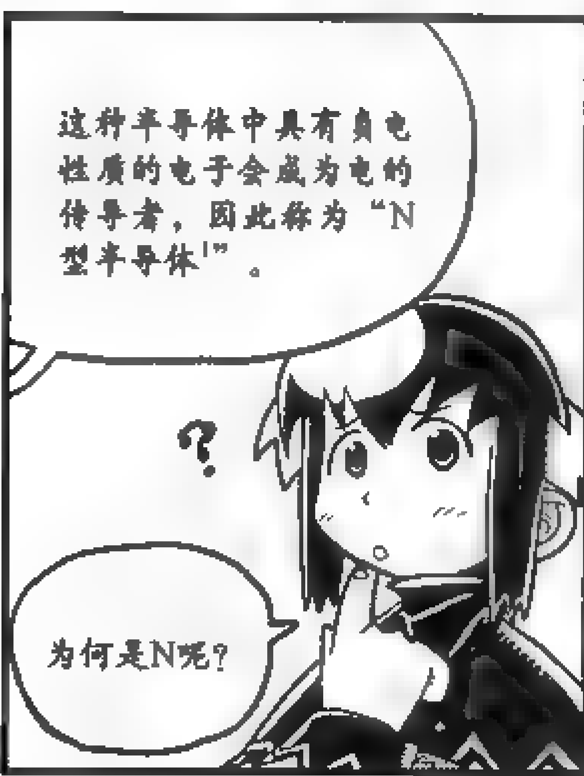


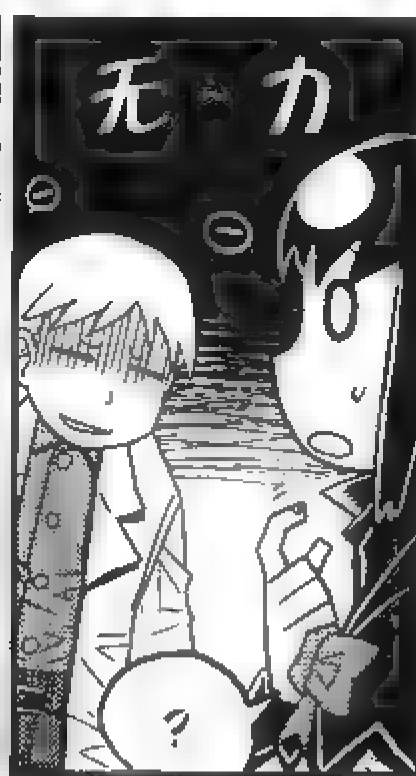
1 共价键 Covalent Bond，两个或多个原子共同使用它们的外层电子。





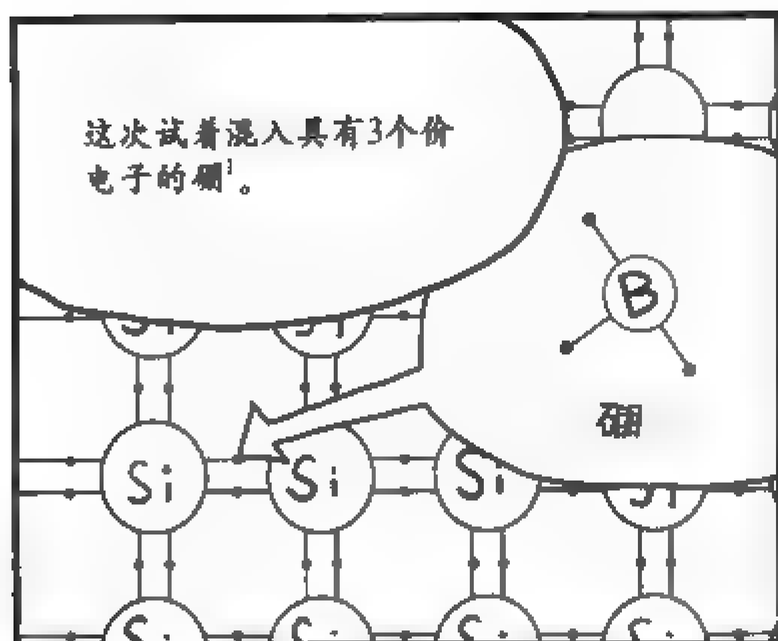


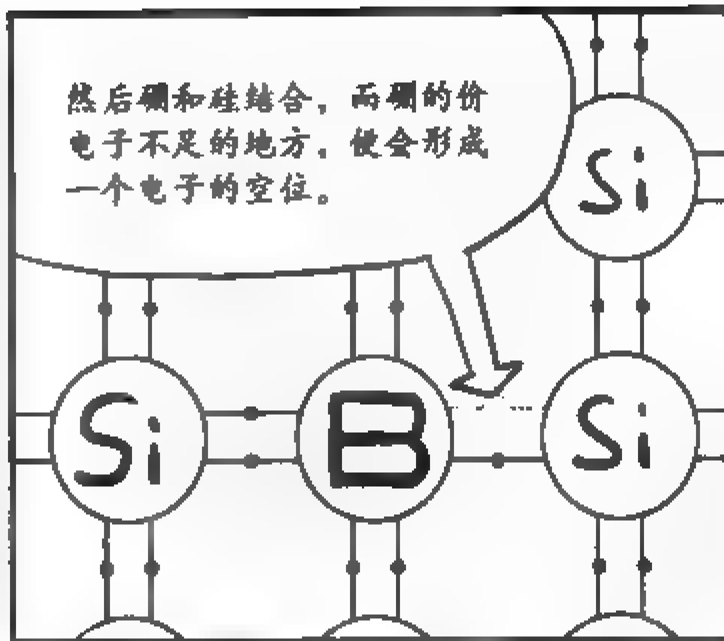


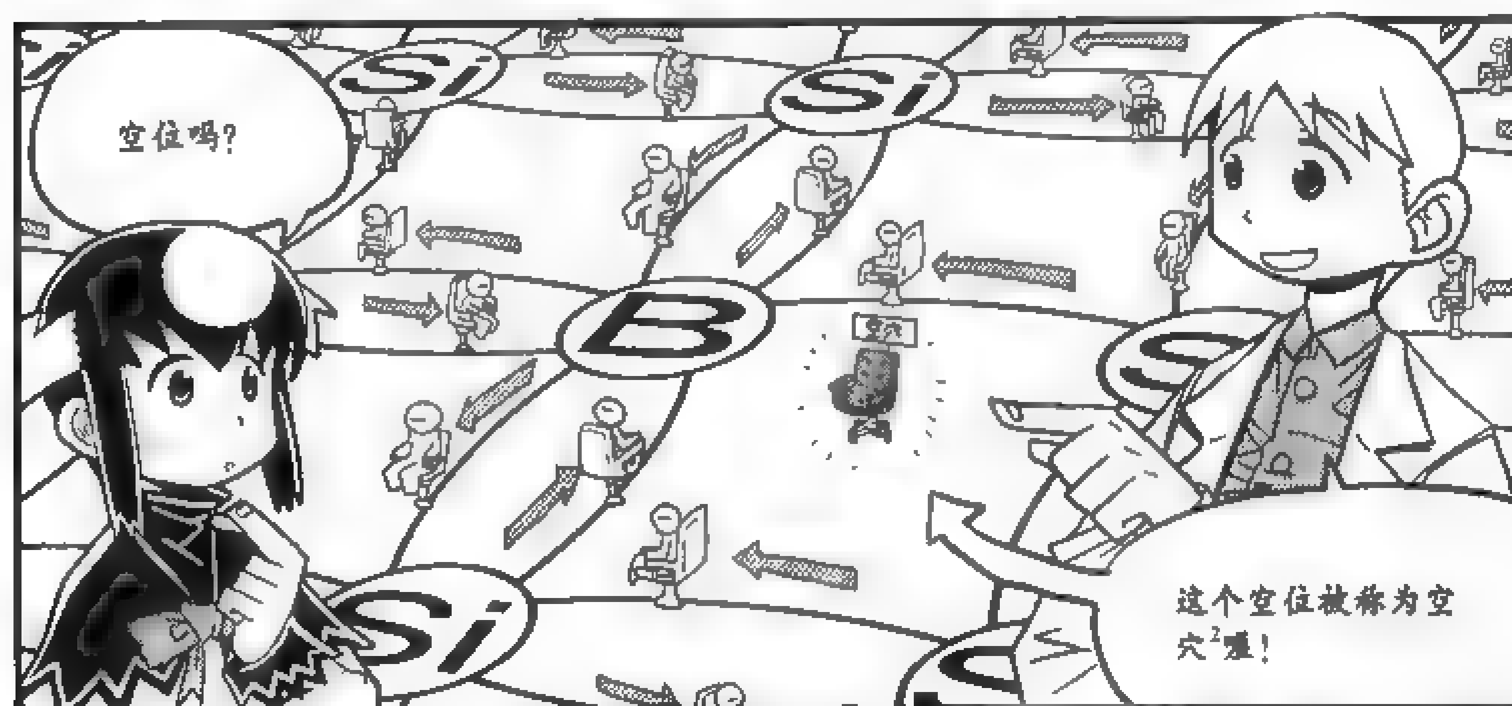




1 N型半导体：N-Type Semiconductor。



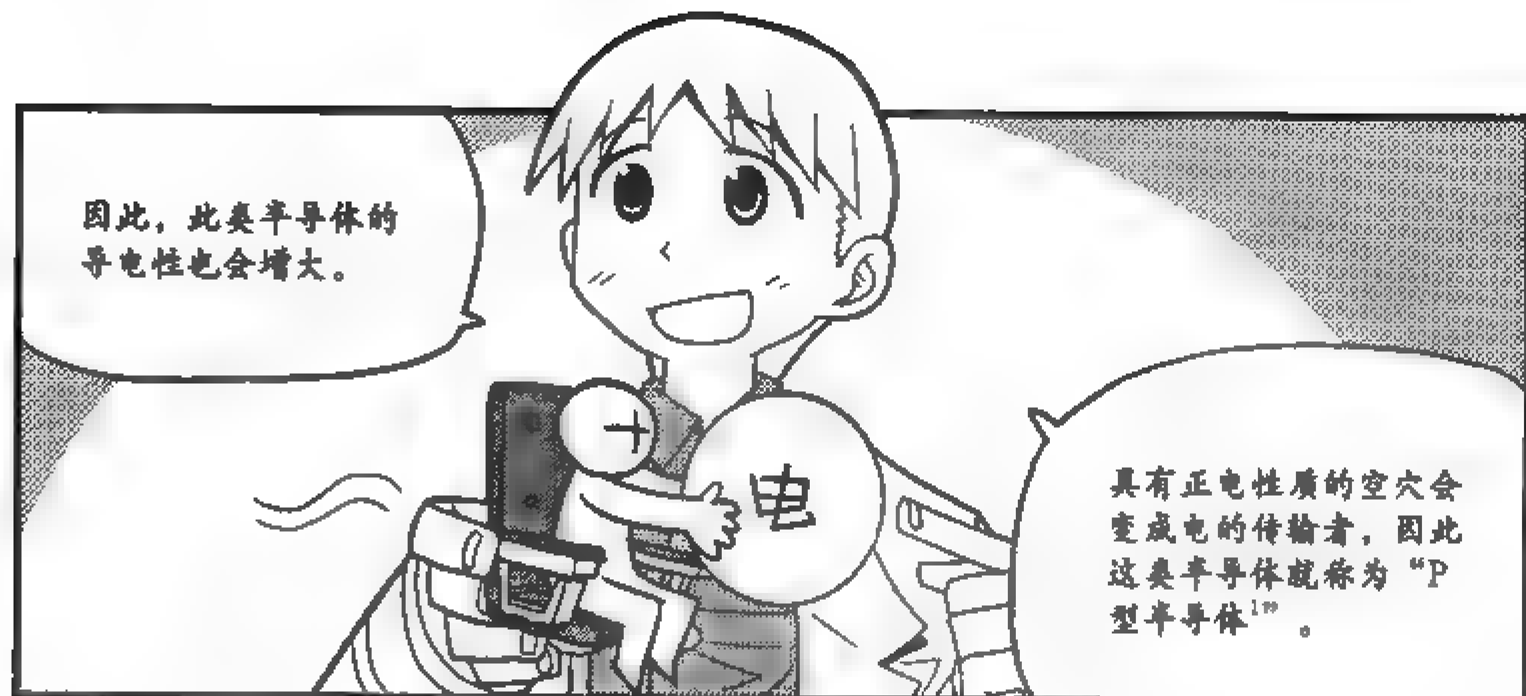








1 硼：Boron。 2 空穴：Electron Hole。





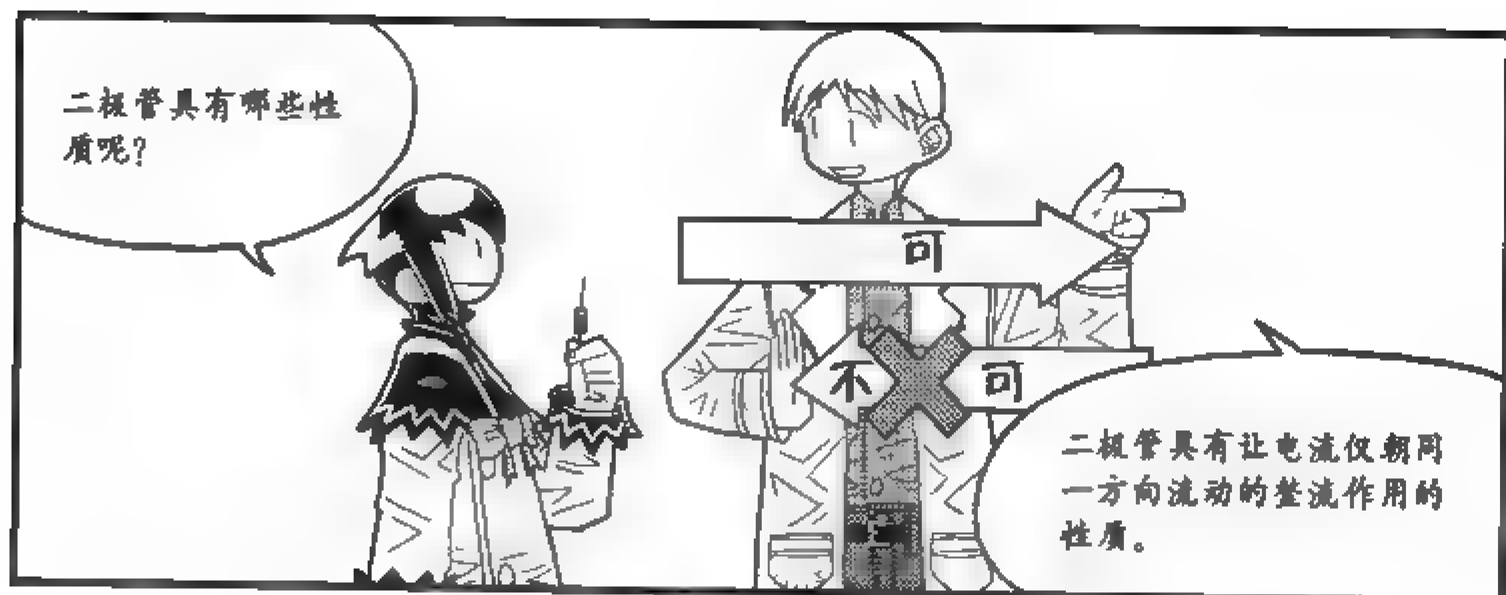


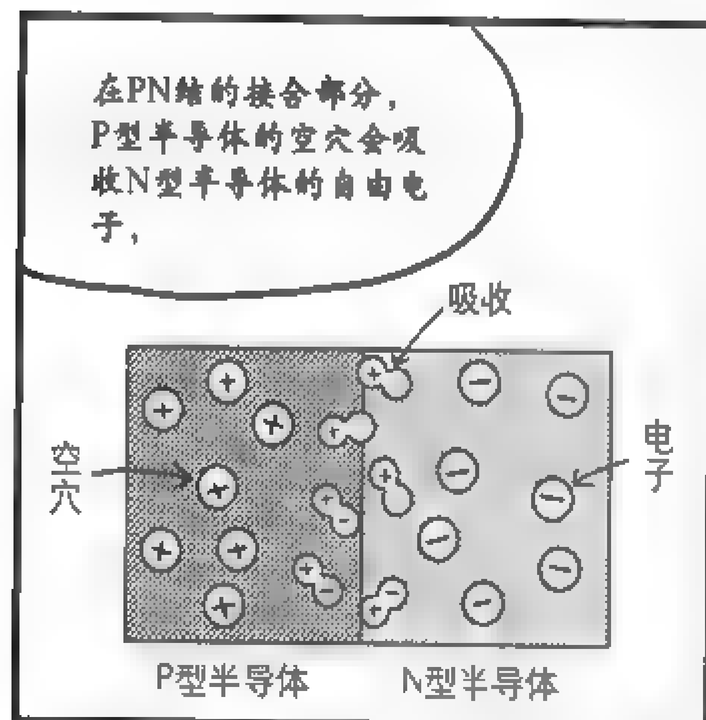
1 P型半导体. P-Type Semiconductor。

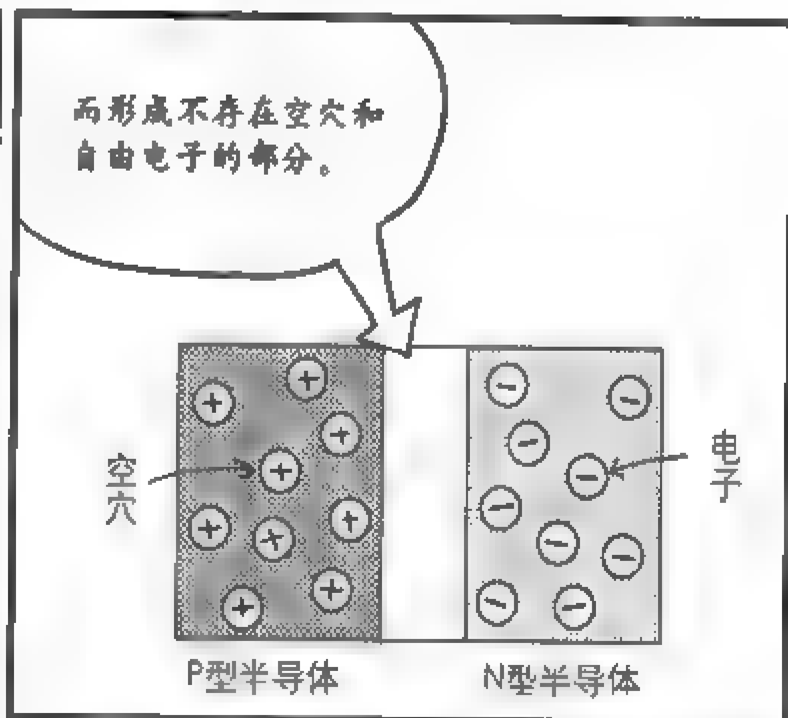
2. 二极管及晶体管

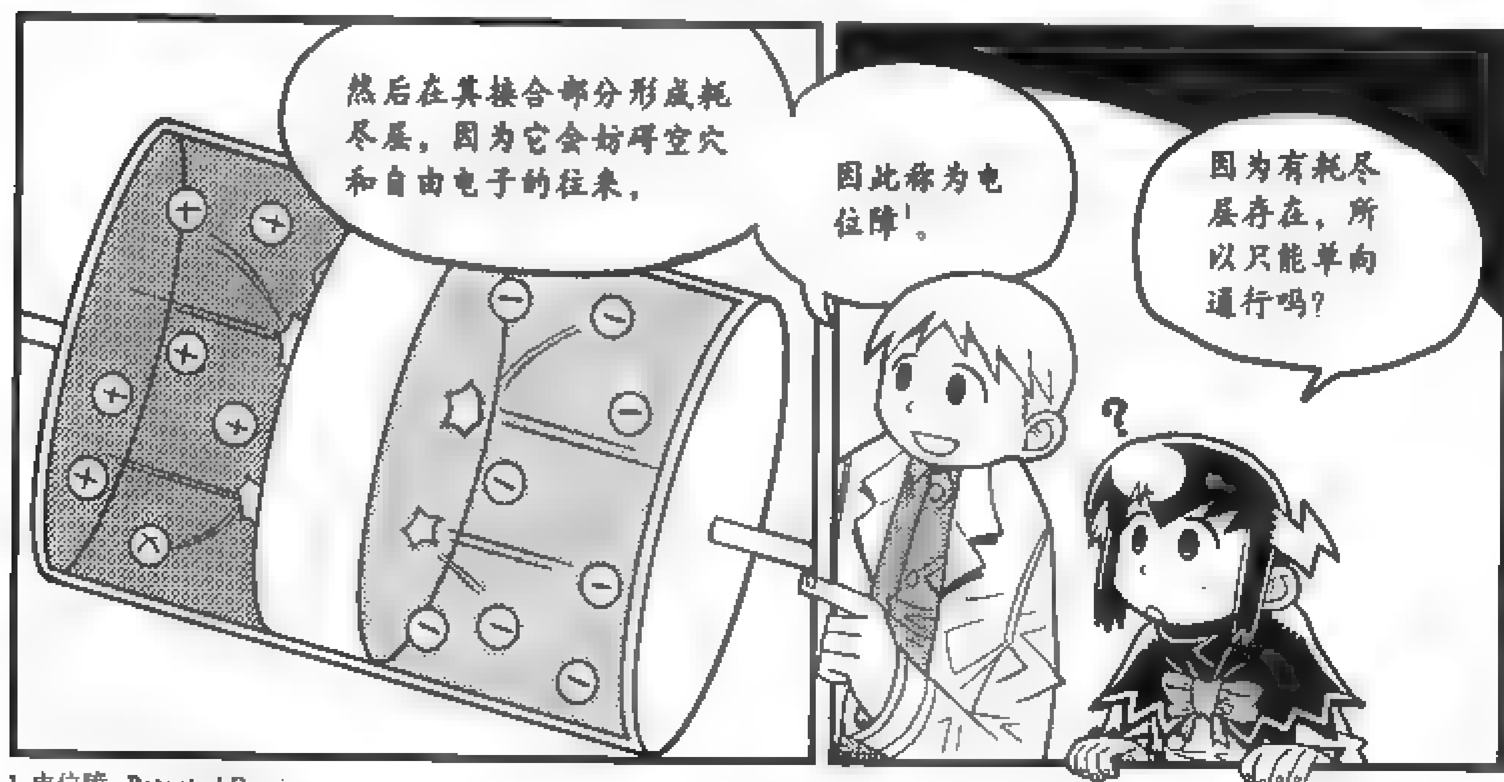
二极管

1 二极管：Diode。 2 PN结：PN Junction。

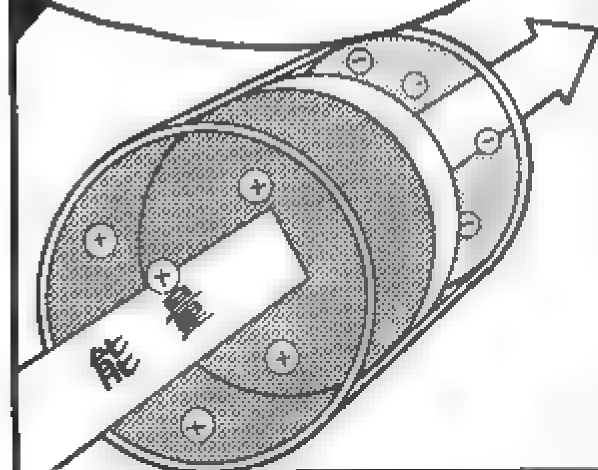






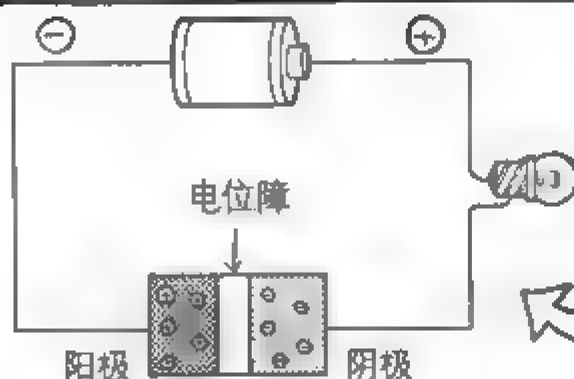


1 电位障：Potential Barrier。





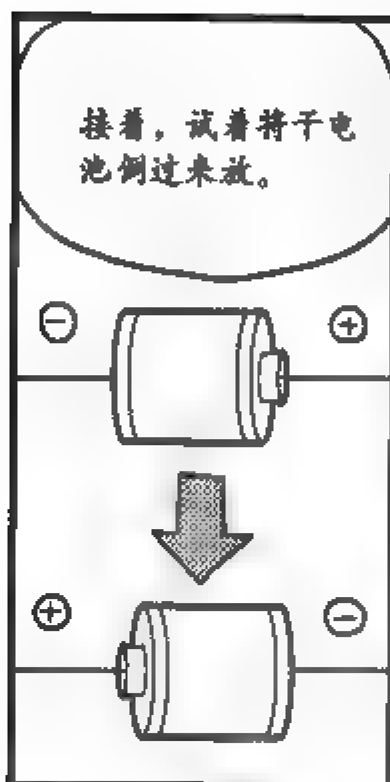


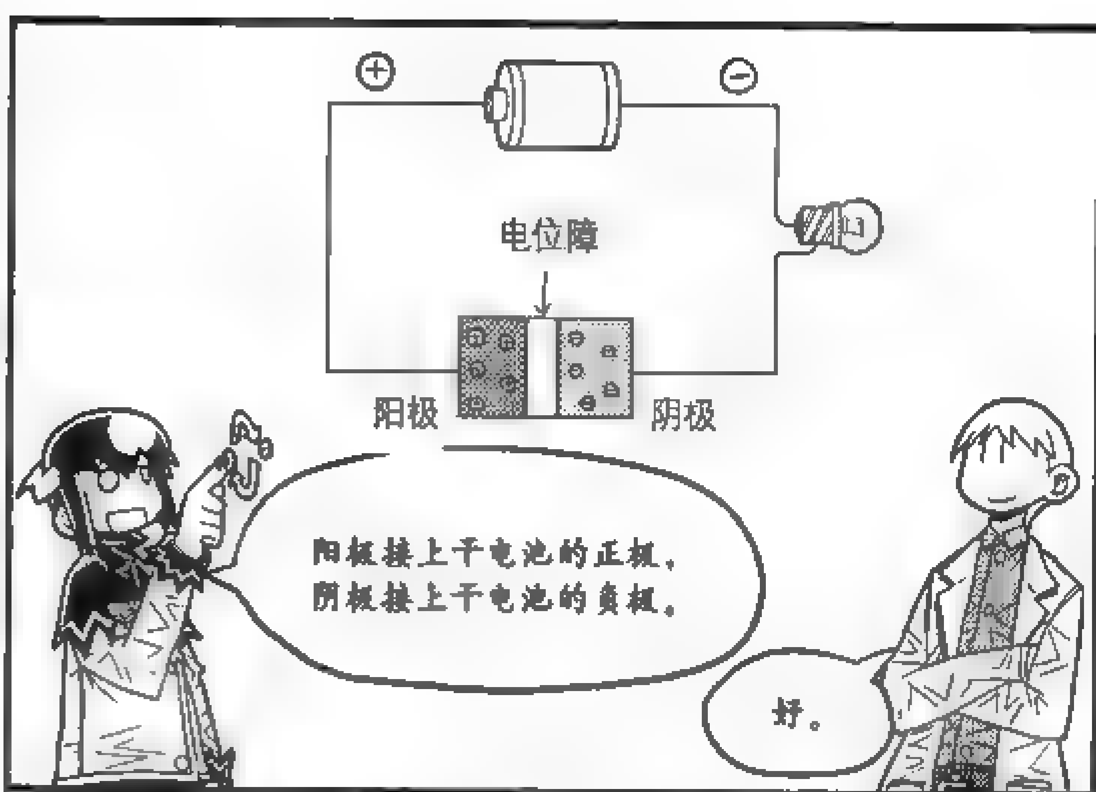


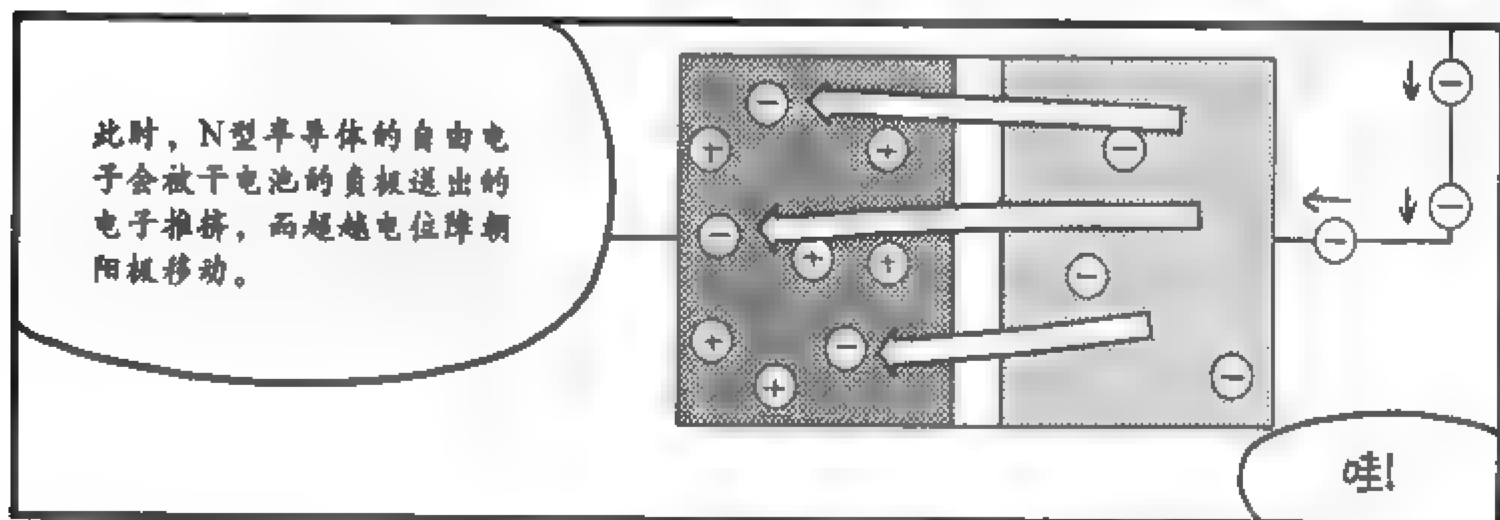


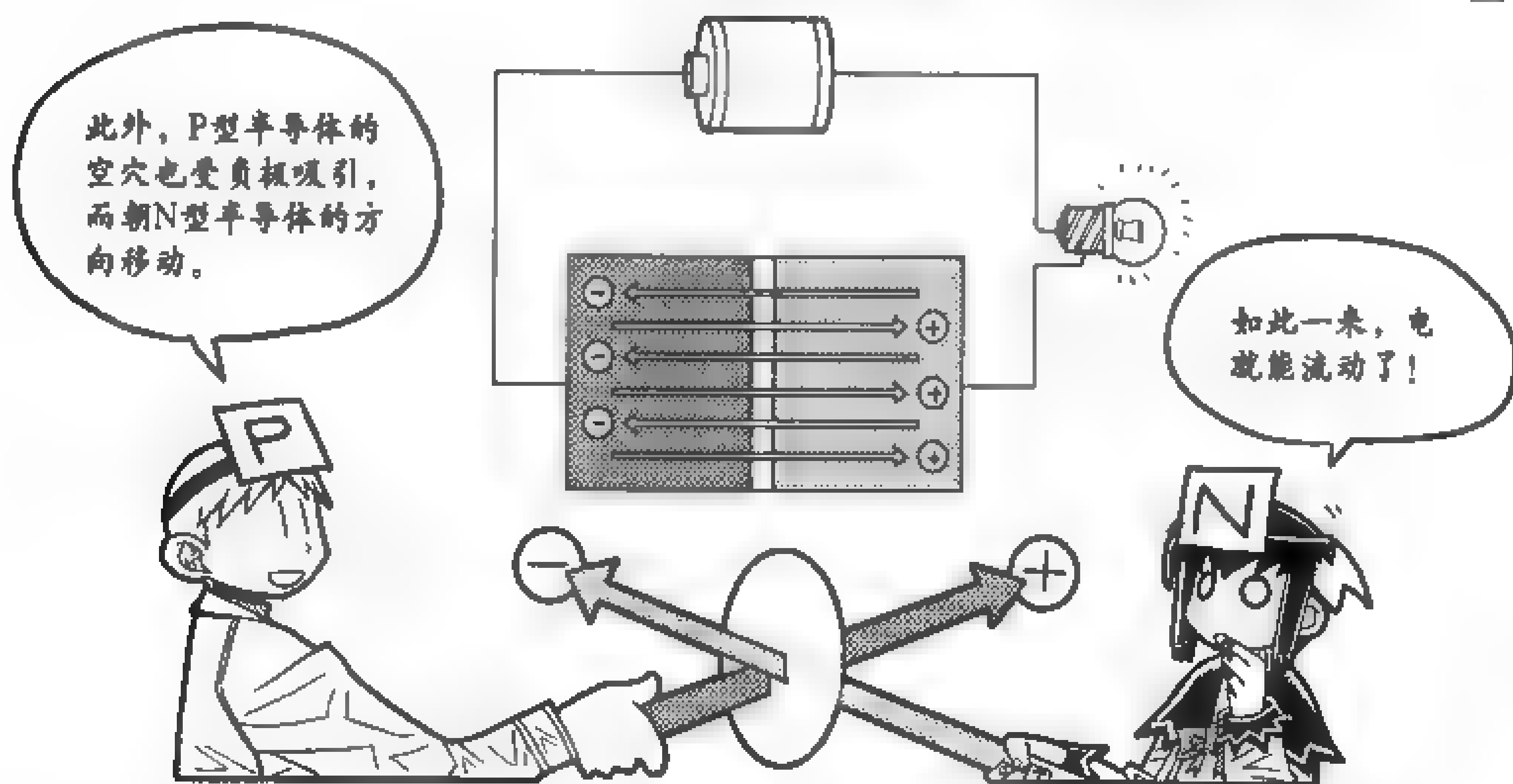


1 反向偏压：Revers Bias。


接着，试着将干电池倒过来放。

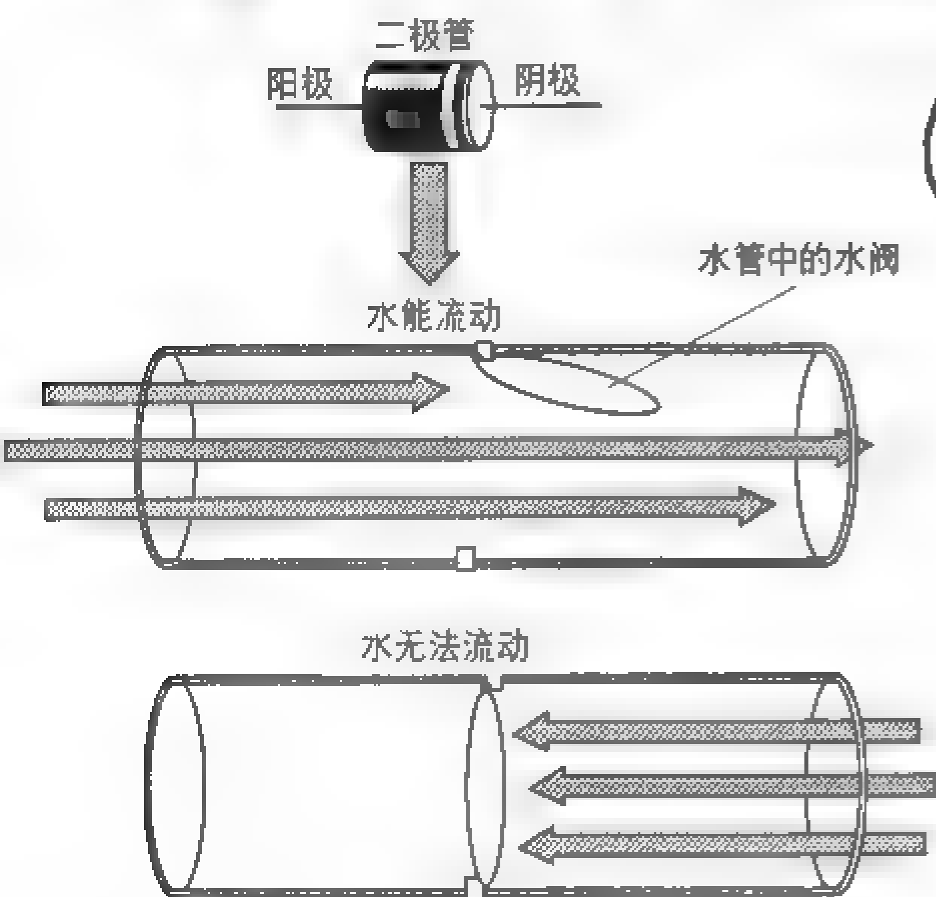

电位障
阳极
阴极
阳极接上干电池的正极，阴极接上干电池的负极。
好。


此时，N型半导体的自由电子会被干电池的负极送出的电子推挤，而越越电位障朝阳极移动。
哇!

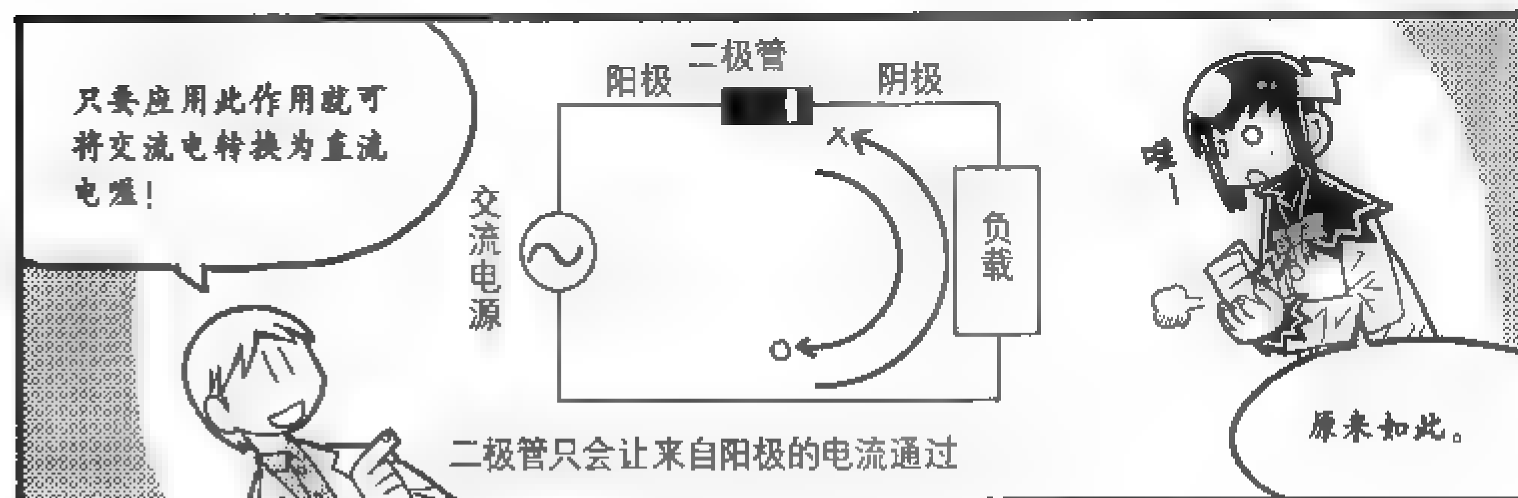

此外，P型半导体的空穴也受负极吸引，而朝N型半导体的方向移动。
如此一来，电就能流动了!
P
N







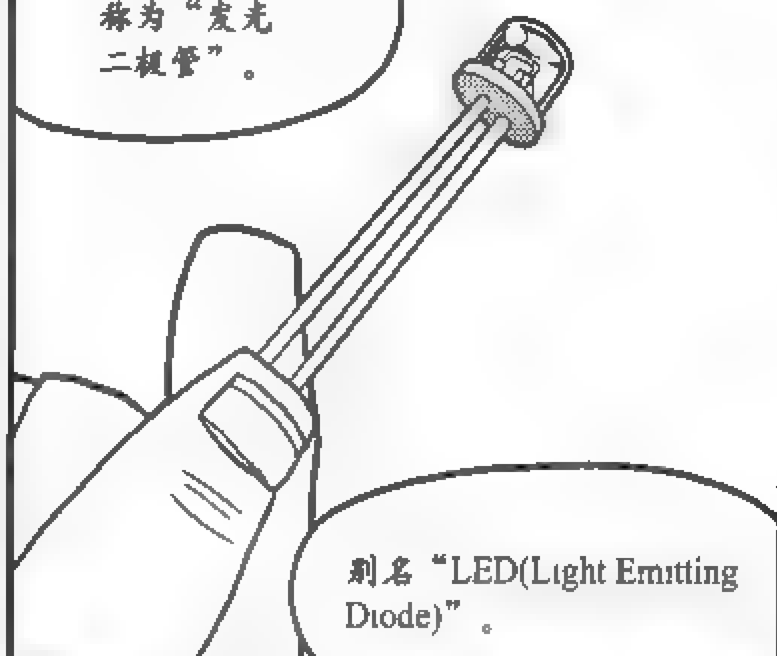




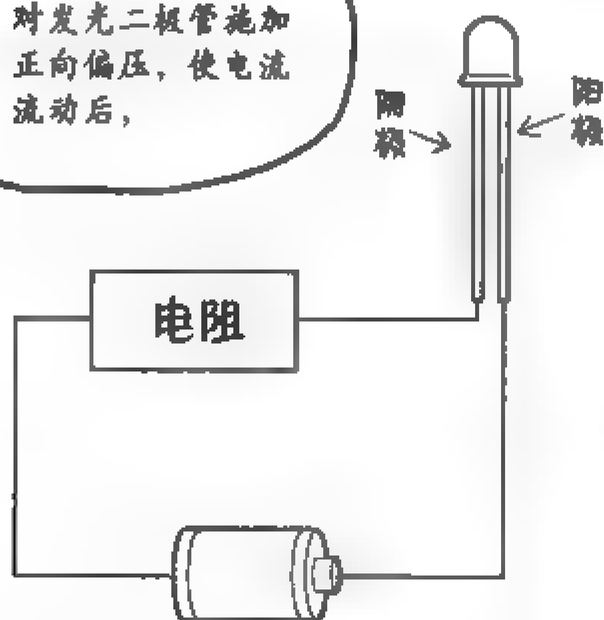
1 正向偏压：Forward Bias。

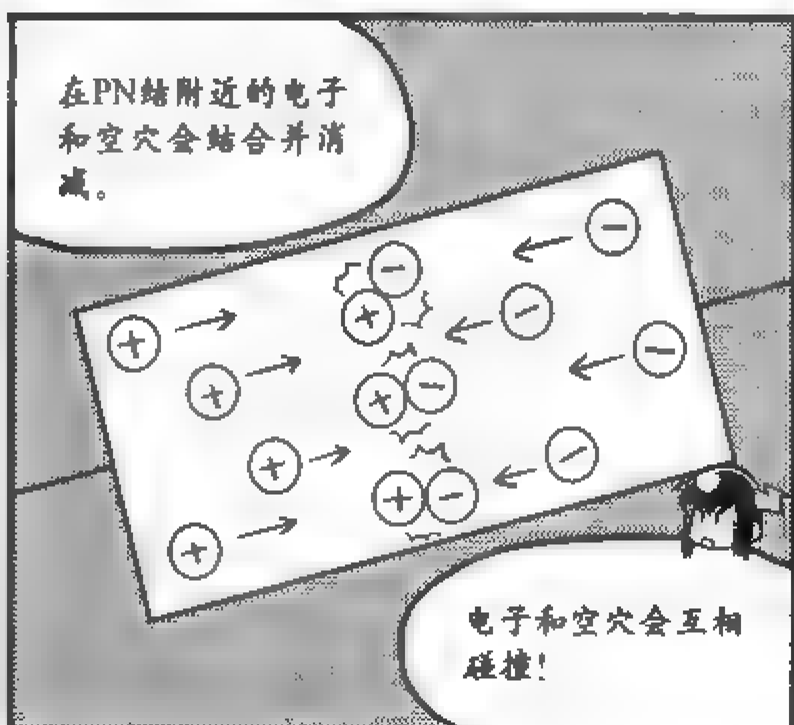
发光二极管


二极管中也有电流以顺向流动使PN结的结合部发光的元器件，


这种元器件称为“发光二极管”。
别名“LED(Light Emitting Diode)”。


这个我见过！圣诞树上都挂着呢。
对！也曾在硬币电池部分出现过。


对发光二极管施加正向偏压，使电流流动后，
阴极
阳极
电阻


在PN结附近的电子和空穴会结合并消减。
电子和空穴会互相碰撞！

此时产生的能量会形成光而释放出来。

释放出的光的波长依半导体的材料不同，可释放出各种颜色的光。

红 蓝 黄 绿 白

哇！

红绿灯

户外用大型屏幕

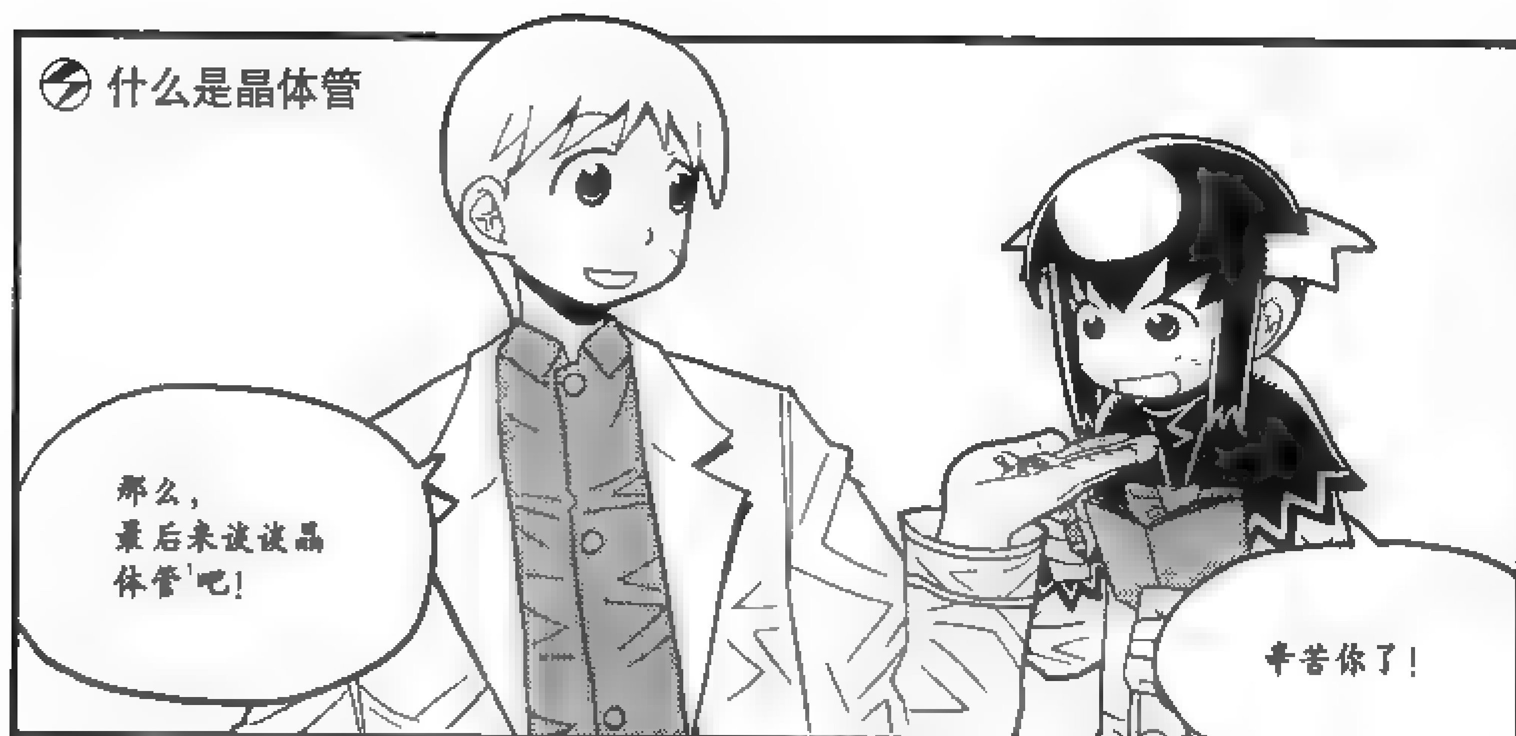
车内灯

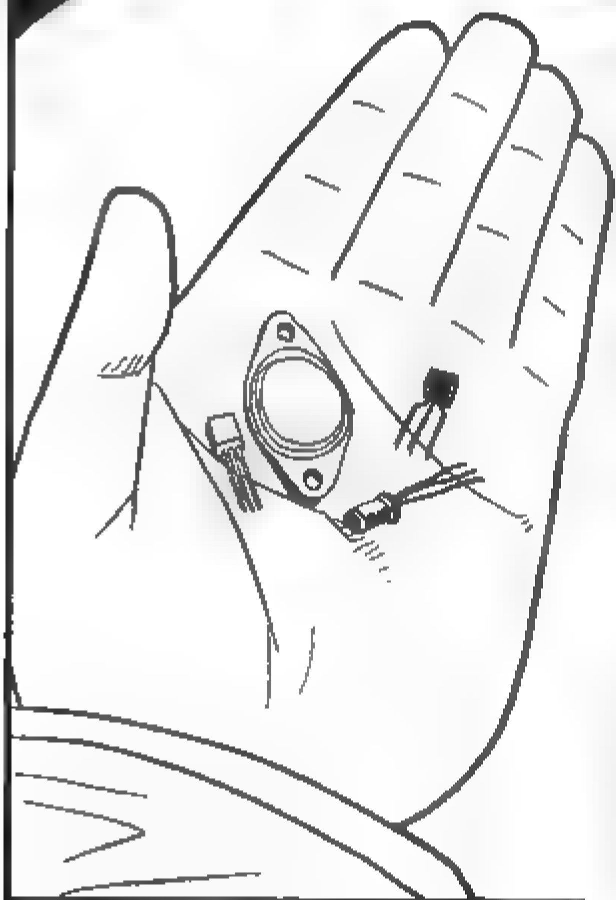
手机或数码相机的背光模组

发光二极管的发光不会产生热，能源效率佳，寿命也较长，因此可应用于许多领域。

原来生活中也用到许多LED呢！

什么是晶体管



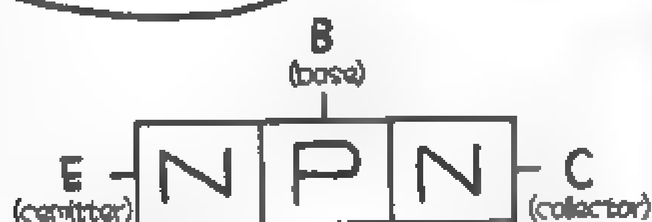


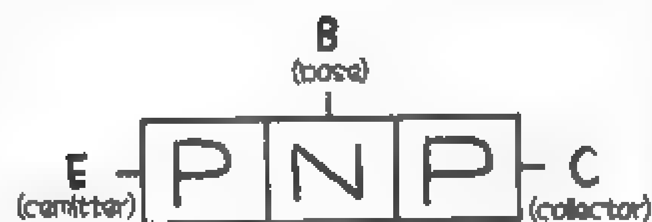




1 晶体管 Transistor。

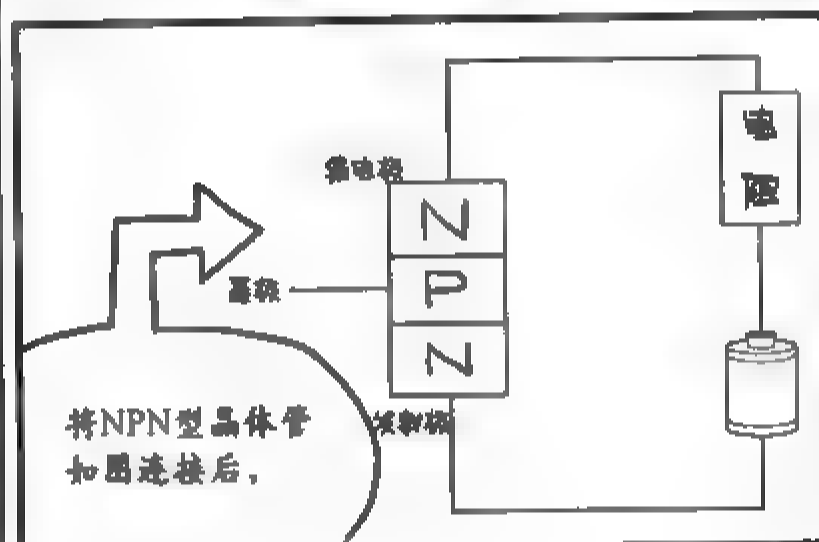
晶体管有"NPN型[1]"及"PNP型"。



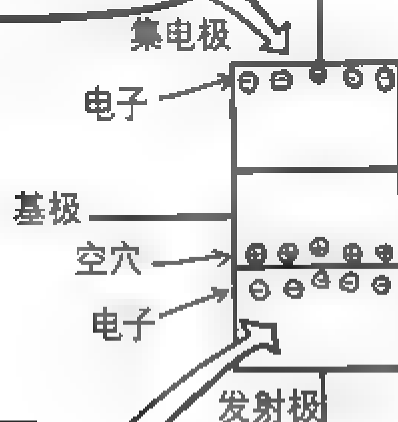


具有B（基极）、C（集电极）、E（发射极）这三个电极。



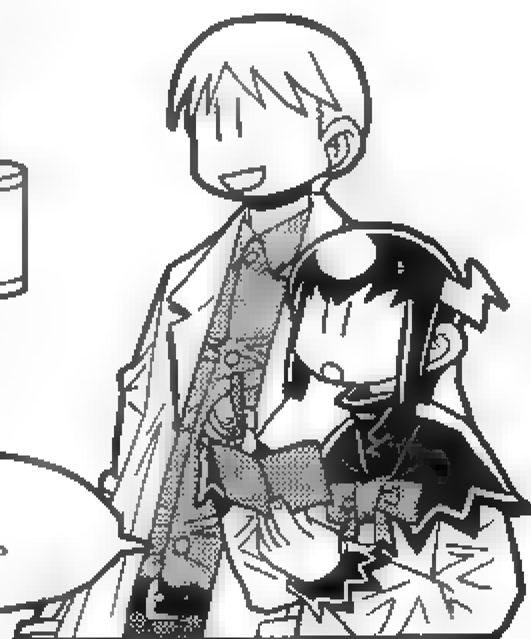


集电极内的电子会受正极吸引而聚集。

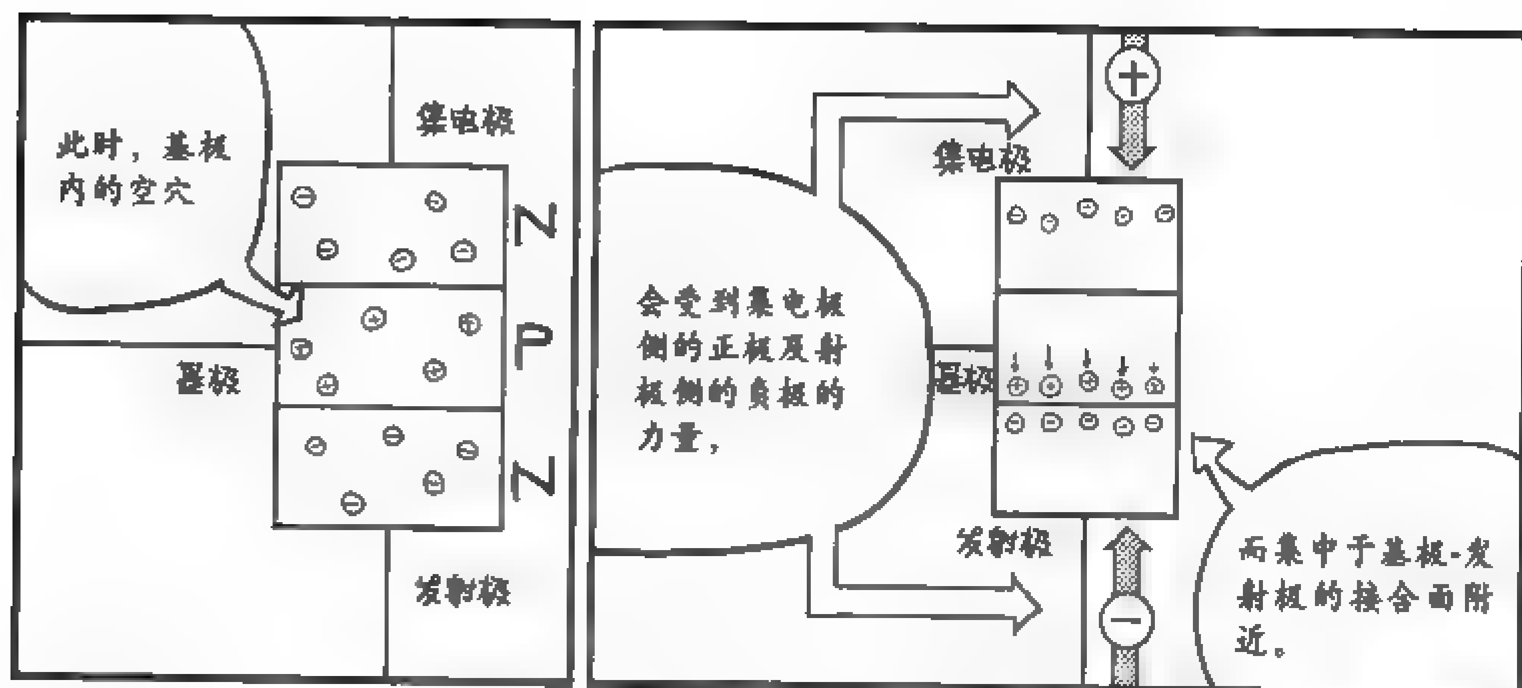


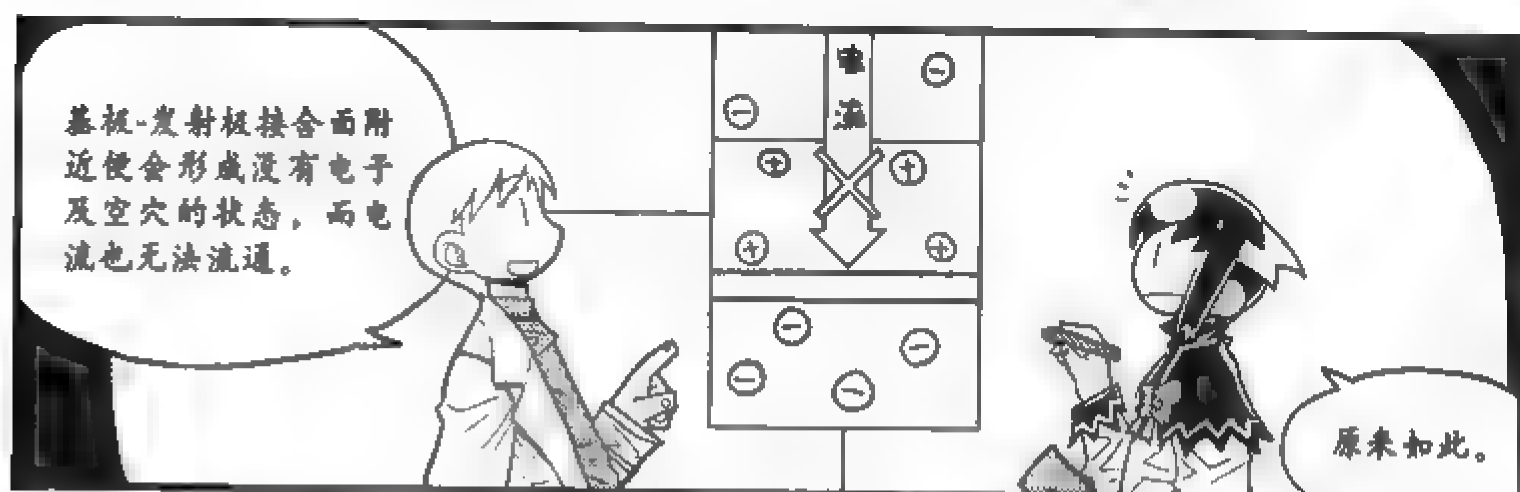
电阻

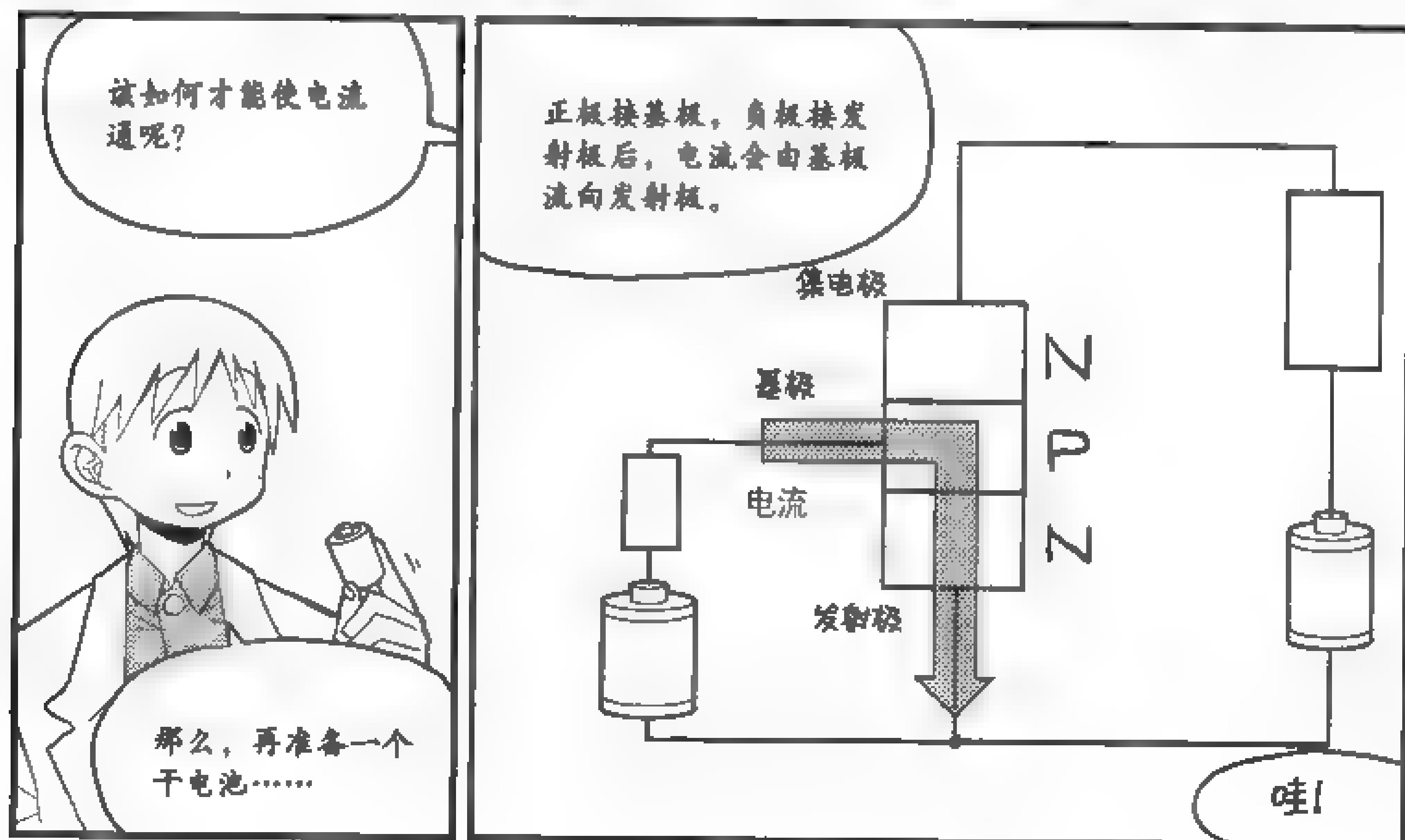
另一方面，发射极内的电子会被负极排斥而集中至基极-发射极接合面的附近。

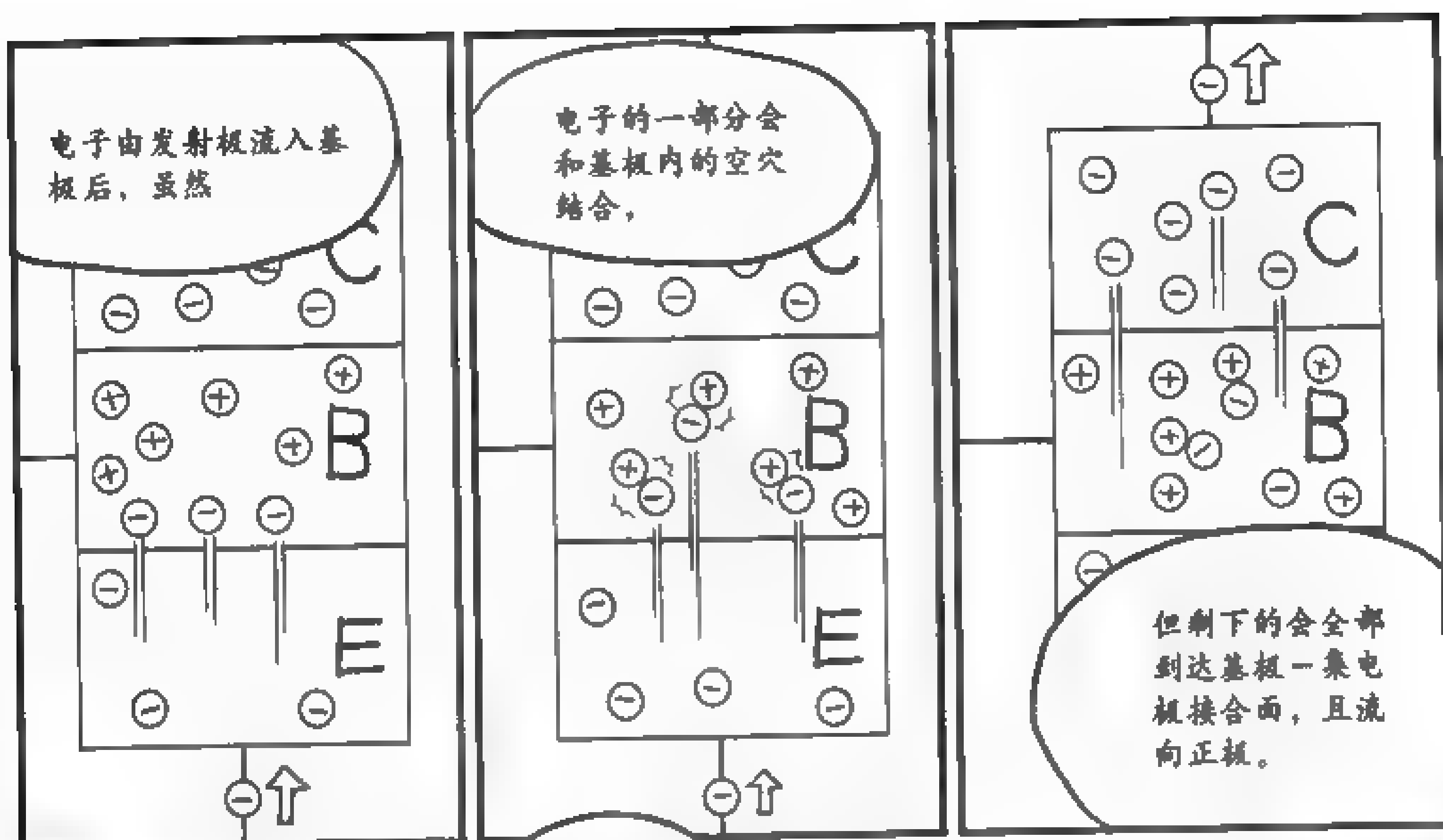


1 NPN型：两层N型半导体中间夹一层很薄的P型半导体就是NPN型晶体管，PNP型正好与之相反。

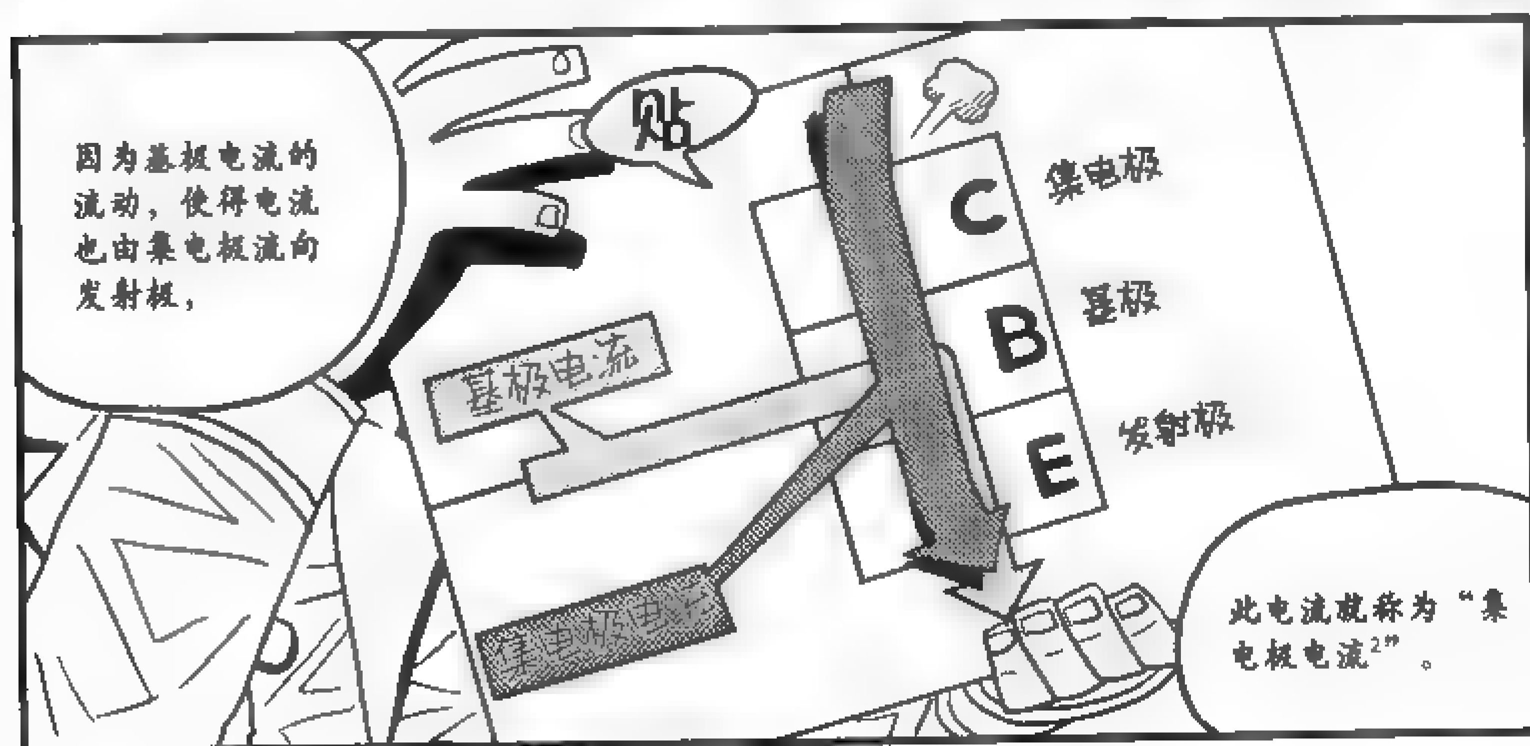

此时，基极内的空穴
集电极
N
P
N
基极
发射极
会受到集电极侧的正极及射极侧的负极的力量，
集电极
基极
发射极
而集中于基极-发射极的接合面附近。


基极-发射极接合面附近便会形成没有电子及空穴的状态，而电流也无法流通。
电流
原来如此。

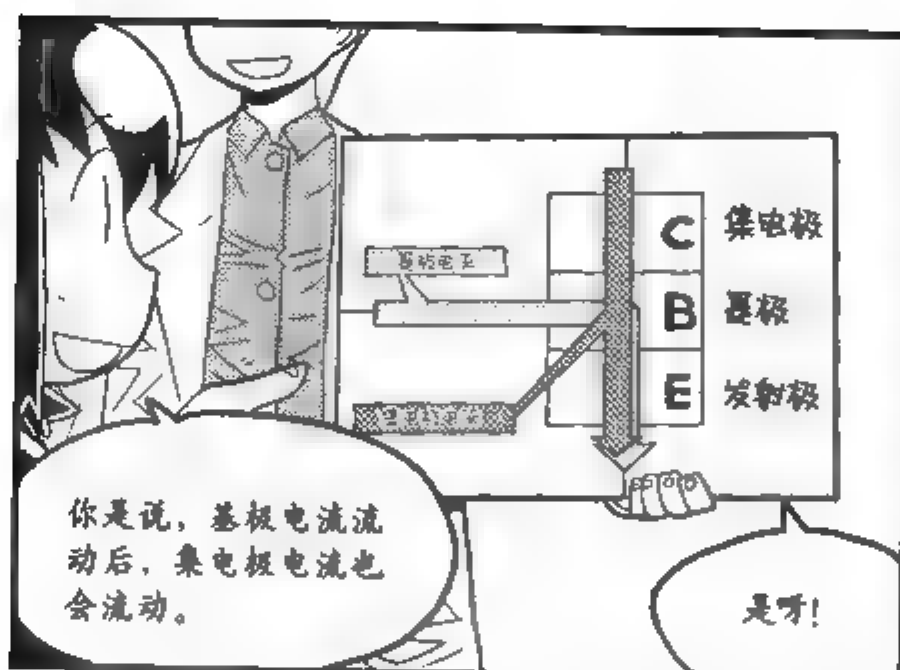

该如何才能使电流通呢？
正极接基极，负极接发射极后，电流会由基极流向发射极。
集电极
基极
N
P
N
电流
发射极
那么，再准备一个干电池……
哇！

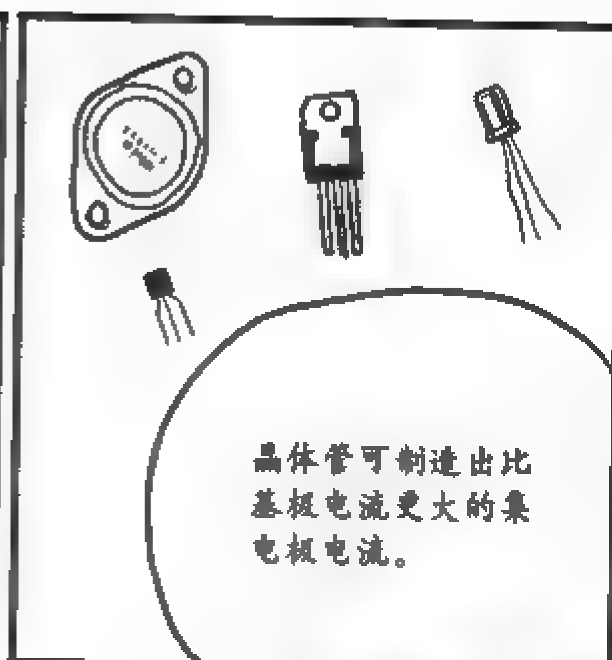


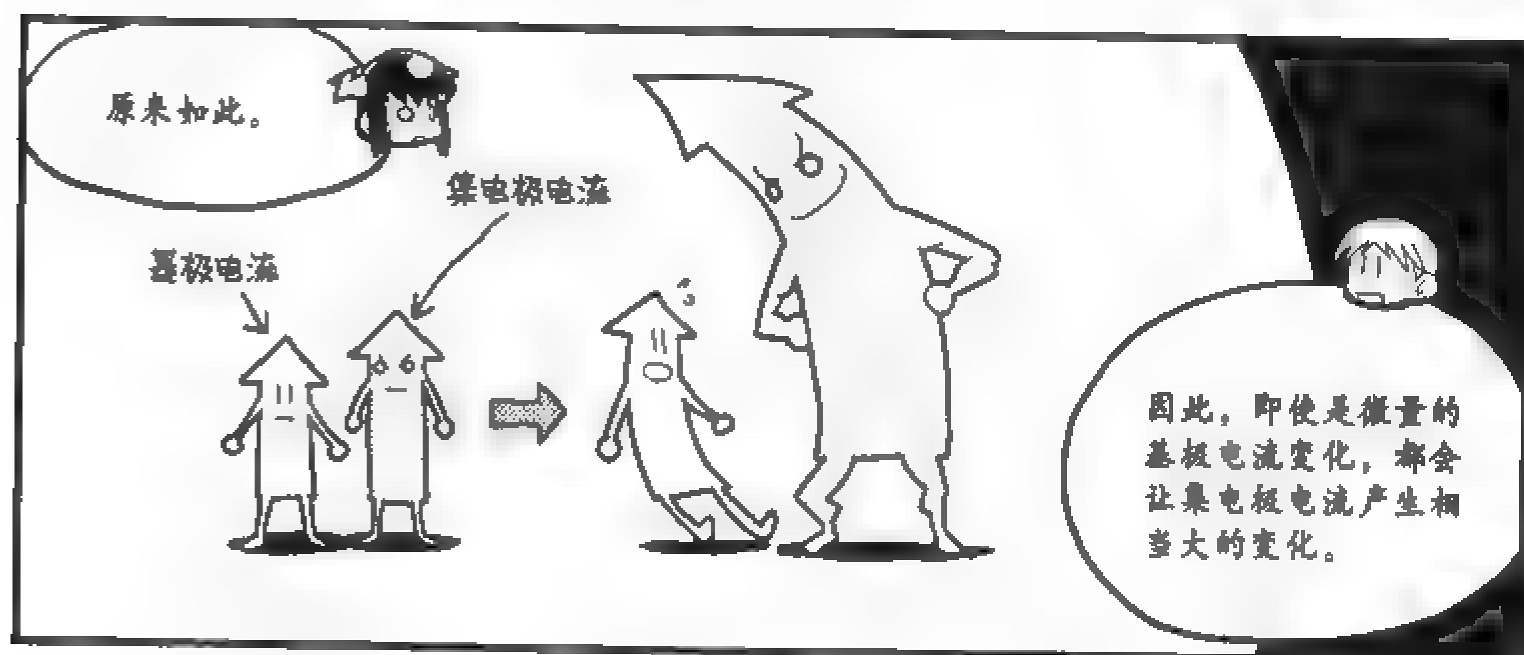




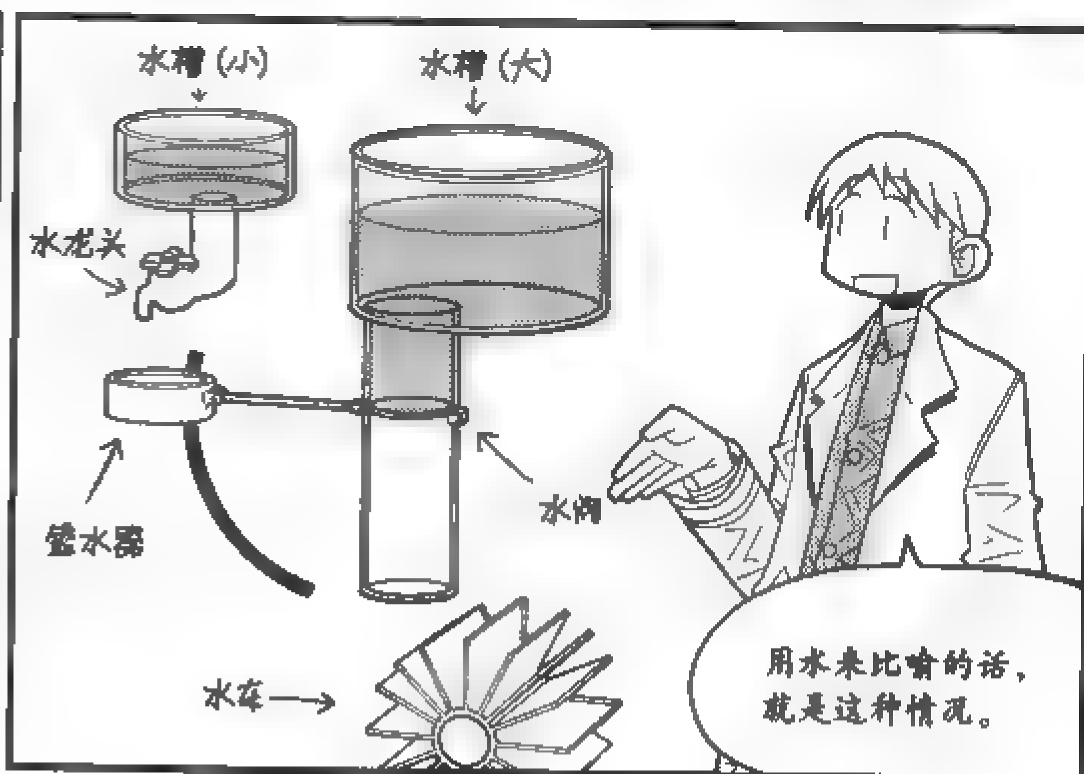
1 基极电流：Bsase Current。 2. 集电极电流：Collector Current。


C 集电极
B 基极
E 发射极
你是说，基极电流流动后，集电极电流也会流动。
是呀！

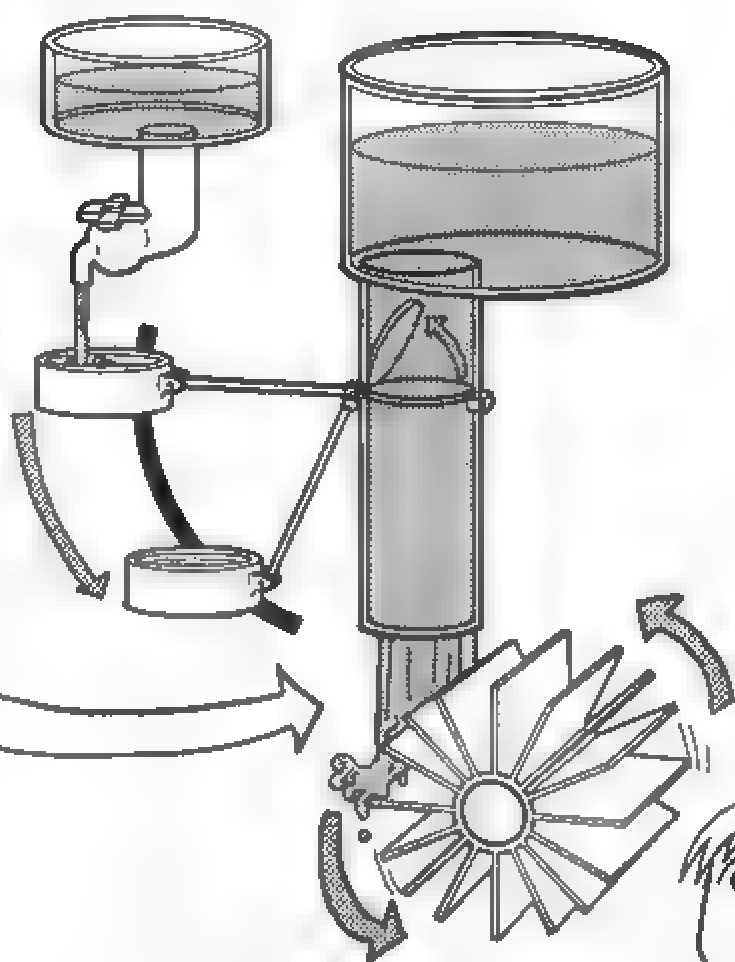

晶体管可制造出比基极电流更大的集电极电流。


原来如此。
集电极电流
基极电流
因此，即使是微量的基极电流变化，都会让集电极电流产生相当大的变化。


所以说，可以用基极电流来调整集电极电流吗？
？
没错。


水槽（小）
水槽（大）
水龙头
盛水器
水阀
水车
用水来比喻的话，就是这种情况。

就像以小水流（基极电流）来调整水管的水阀。



再控制流于水管的大小流（集电极电流）。

原来如此。

这就是晶体管的放大作用。

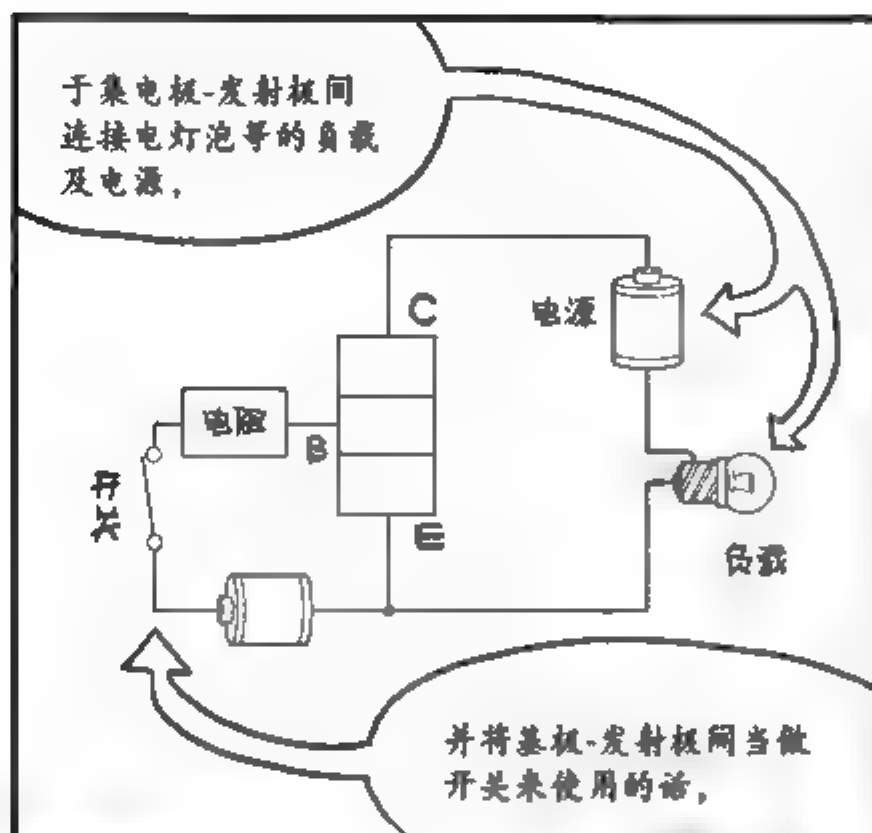
PNP型晶体管的电流流向则是相反的，但基本上运作是相同的。

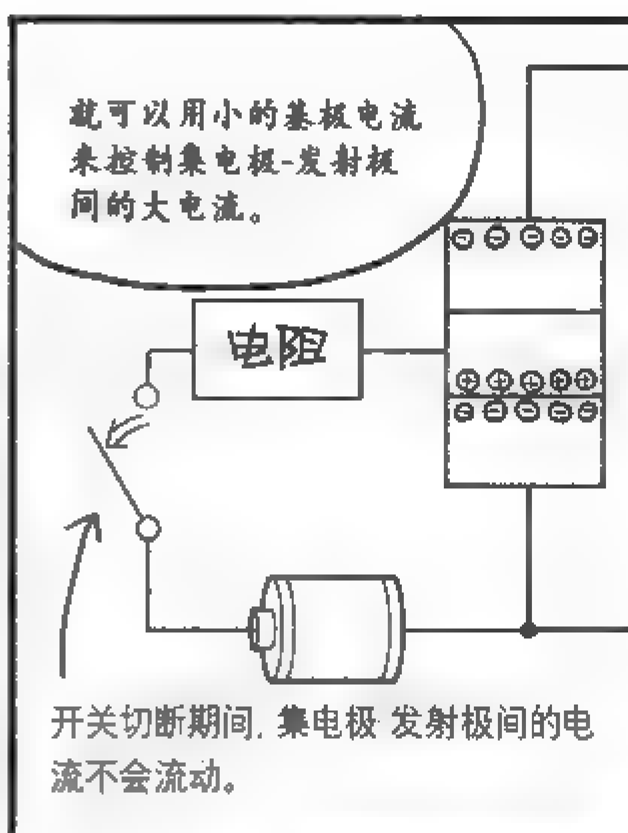
晶体管不仅有放大作用，还可做为无接点开关来使用。

转

啪嗒

只要关闭水龙头，就可以关水呢！


于集电极-发射极间
连接电灯泡等的负载
及电源，
电源
C
电阻
B
开关
E
负载
并将基极-发射极间当做
开关来使用的话，

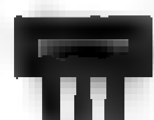

就可以用小的基极电流
来控制集电极-发射极
间的大电流。
电阻
开关切断期间，集电极-发射极间的电
流不会流动。

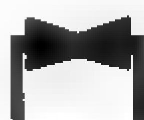

但是这样做有什
么意义吗？
咔
吧
ON
OFF
总觉得一般开关
也没什么不好的
呀！

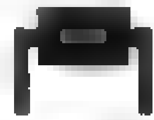

这和一般开关不同，它没
有物理性的接点，所以不
会有耗损，
也不容易出现故障，
所以可进行更为精细
细的控制。
咔
吧
原来还有这些优
点呀！

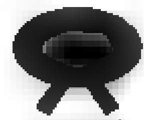
虽然电视或电脑等电器都有IC（集成电路）。

但IC为一个零件中配置了晶体管、二极管、电阻、电容器等非常多零件的半导体元件。









好多喔！

半导体元件的基础知识总算讲完了……

啪

也就是说……

课程到此结束！辛苦你了。

鞠躬

微笑

我才要感谢你啊！

既然还没召你回去，不如我们去散步吧！

真、真的吗？！我太高兴了！

去哪里好呢?

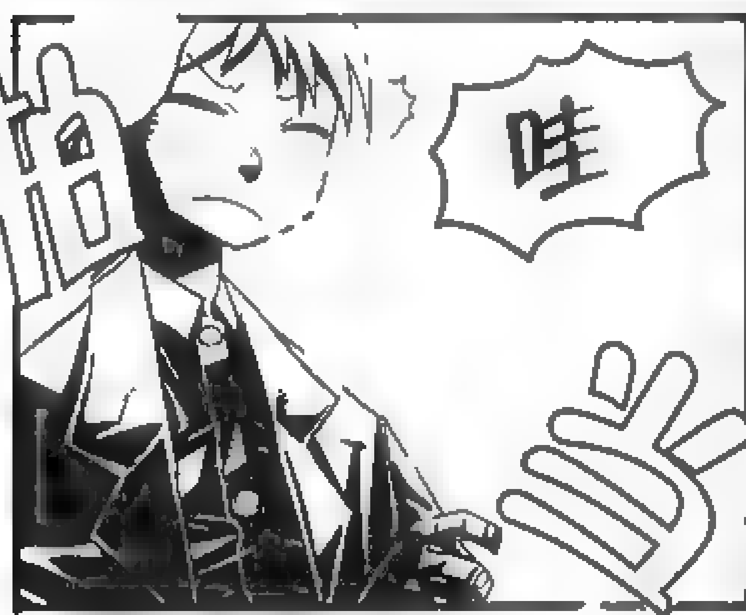




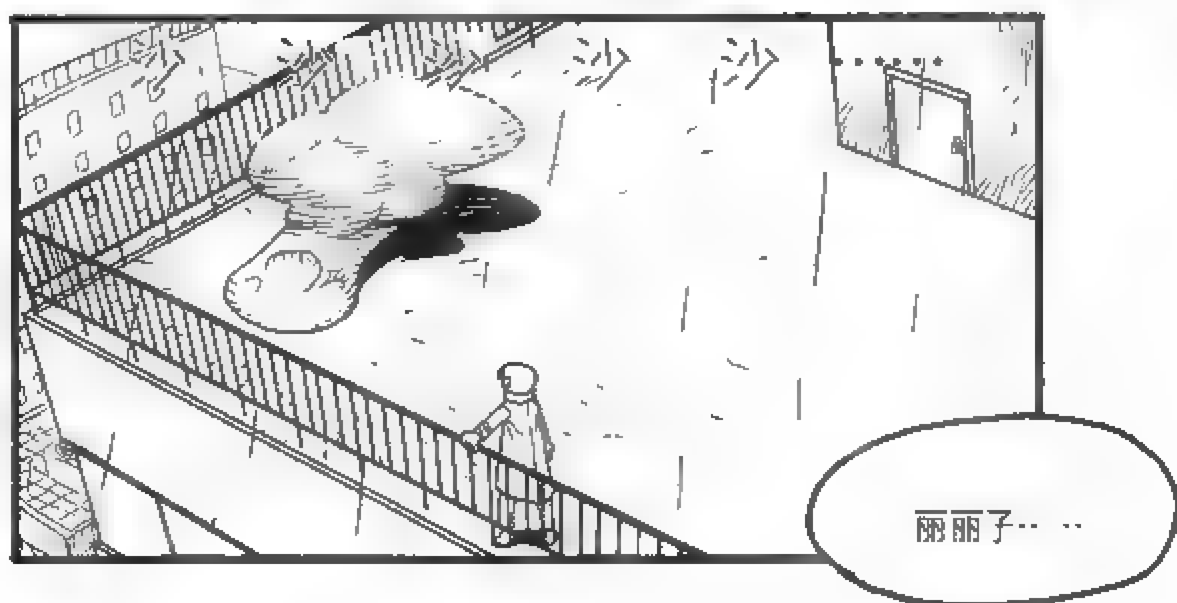




你回去后也要继续学习喔！
小光老师也要努力研究喔！还有房间也要打扫……
打扫……
还有……



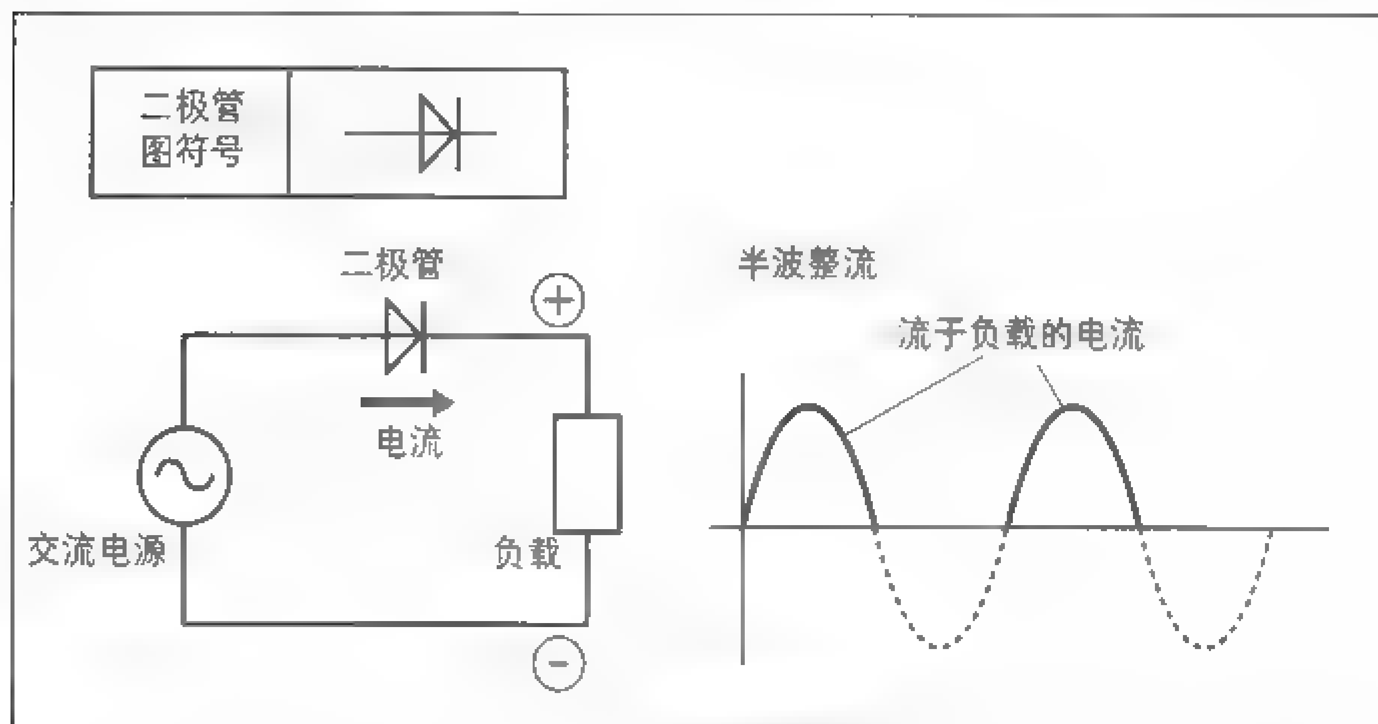




追根究底

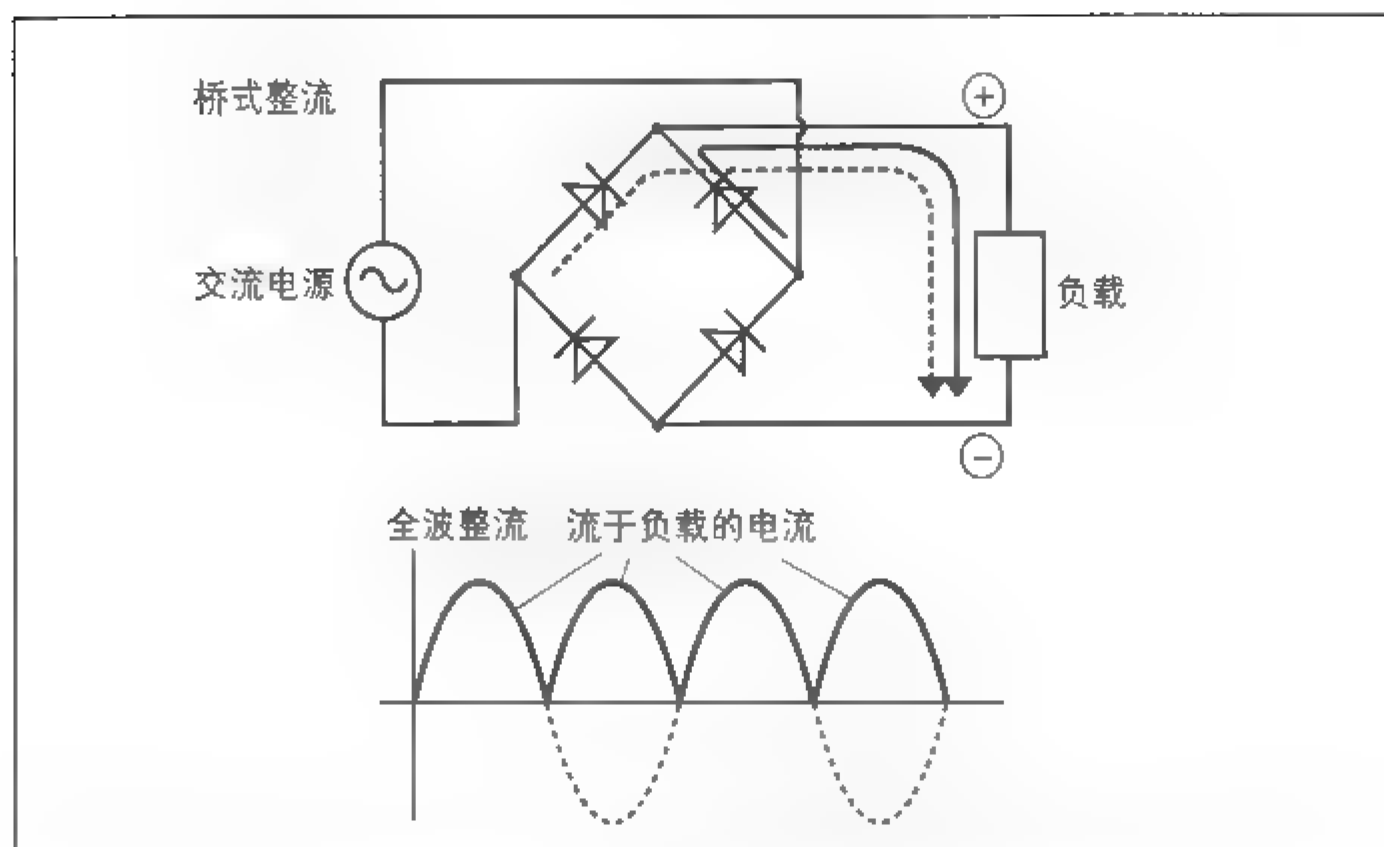
二极管所发出的直流电

在交流电源上接上一个二极管后，负载上会因整流作用而仅有交流电源的单向电流流动。像这样，只有交流波形的半个周期流动的整流称为半波整流（Half-Wave Rectification），此时，流于负载的电流虽执行直流的工作，但由于只使用交流波形的半个周期，因此是一种利用效率较差的整流。



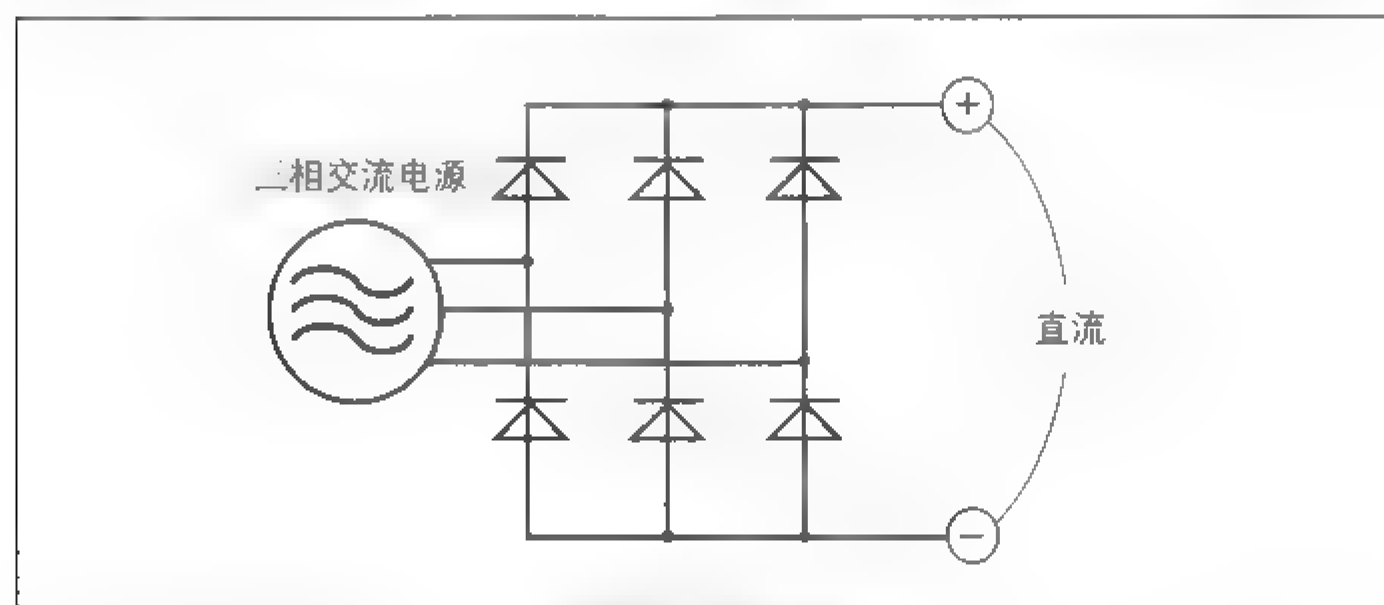
◆ 图5-1 半波整流

接下来，将四个二极管排列成桥形，然后与交流电源连接后，负载中全周期(全波)的电流均变为直流而流动。这类整流称为全波整流（Full-Wave Rectification），而以这类方式被连接的二极管就称为桥式整流二极管（Diode Bridge）。全波整流可将交流电源的全周期的电流以直流的方式使用。



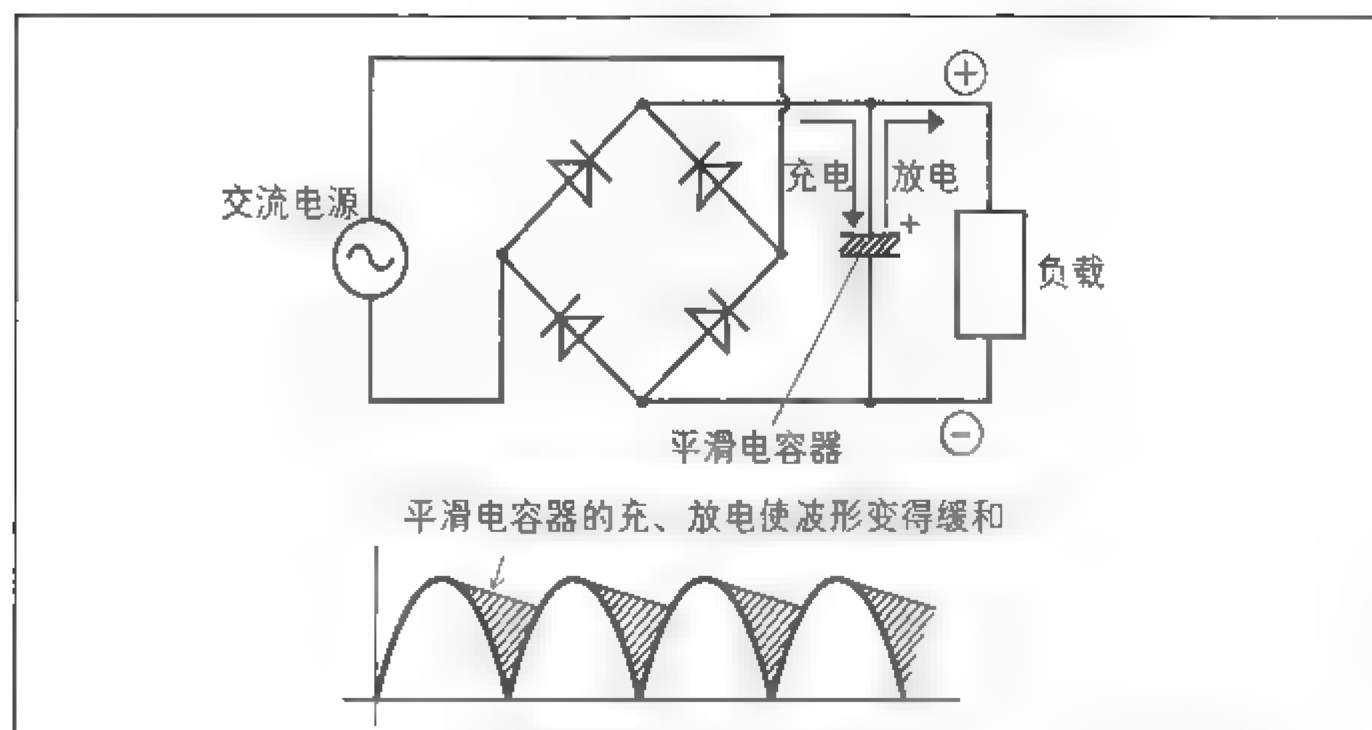
◆ 图5-2 全波整流

三相(Three Phase)交流也只要使用六个二极管后，即可变成全波整流。



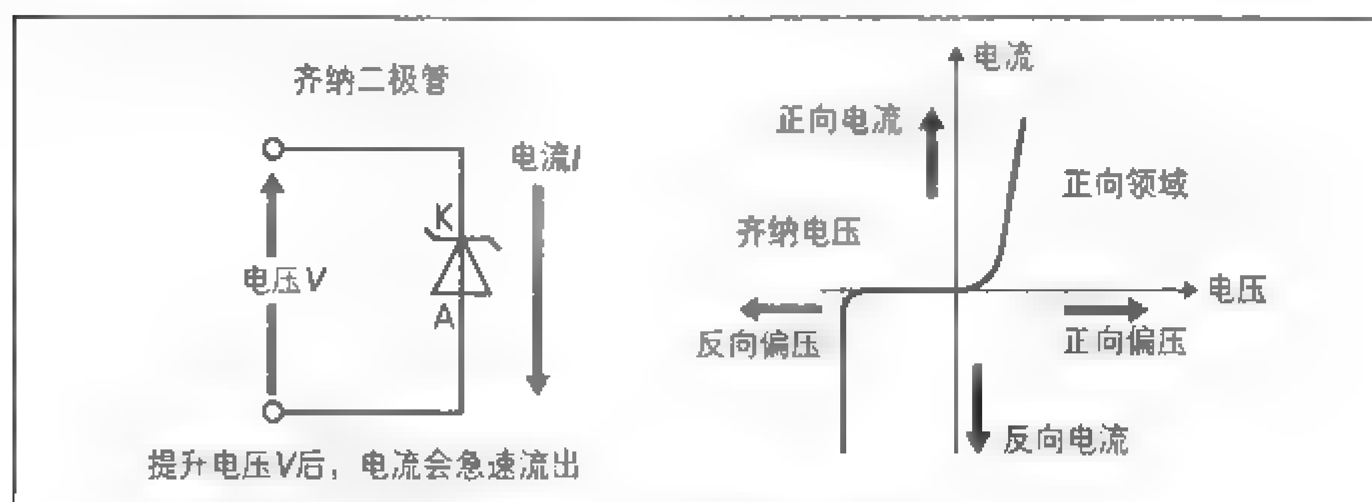
◆ 图5-3 三相全波整流

诸如此类的全波整流，虽较半波整流效率佳，但却会形成很大的波形。因此，在直流输出处接上电解电容器后，由于电容器的充电、放电功能，使得原本的全波整流的大波形变为平坦且和缓的直流。像这类以将波流变为平坦波形为目的，而被置人的电容器称为平滑电容器(Filter Condenser)。



◆ 图5-4 平滑电容器

对齐纳二极管（Zener Diode，又叫稳压二极管）施加反向偏压，再渐渐提升反向偏压值后，在达到某电压时电流会突然流出。这种现象称为击穿（Breakdown），当回路的电压超过所能承受的最大电压值（击穿电压，Breakdown Voltage）时，电流会由阴极流至阳极，并抑制电压的上升。像这种的齐纳二极管的特性，常用于将电压维持在固定值的电压回路中。



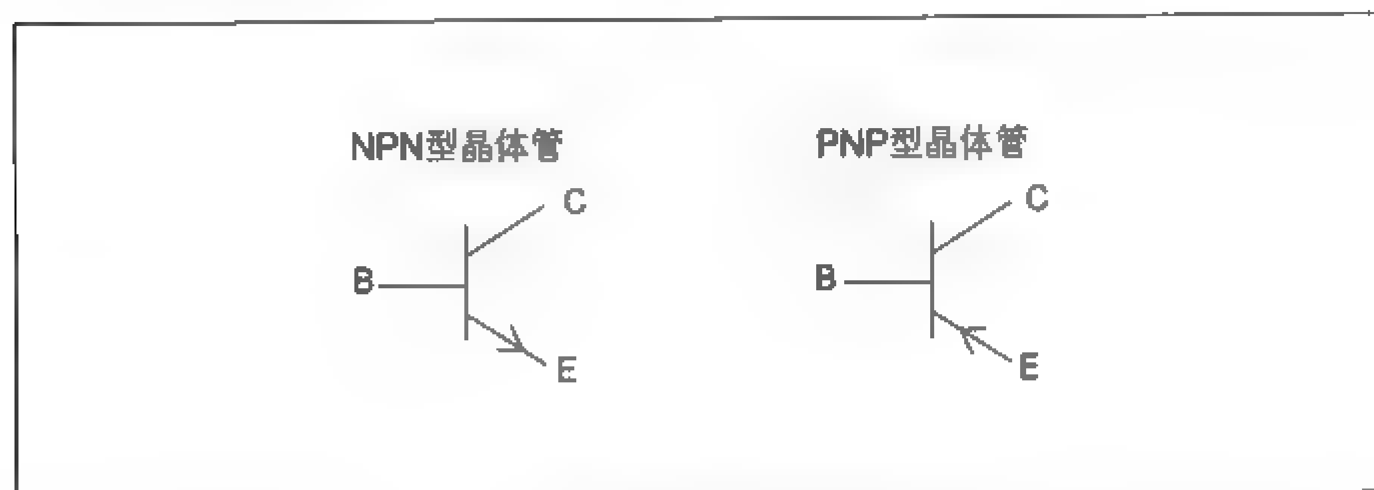
◆ 图5-5 齐纳二极管的特性

将一般的二极管作为齐纳二极管来使用时，击穿现象会于二极管内的局部发生，使齐纳电流集中于局部而破损。相对于此，由于齐纳二极管在PN结的表面及内部是电流不会集中于局部的构造，因此即使有反向电流流通也不会造成破损。

什么是晶体管

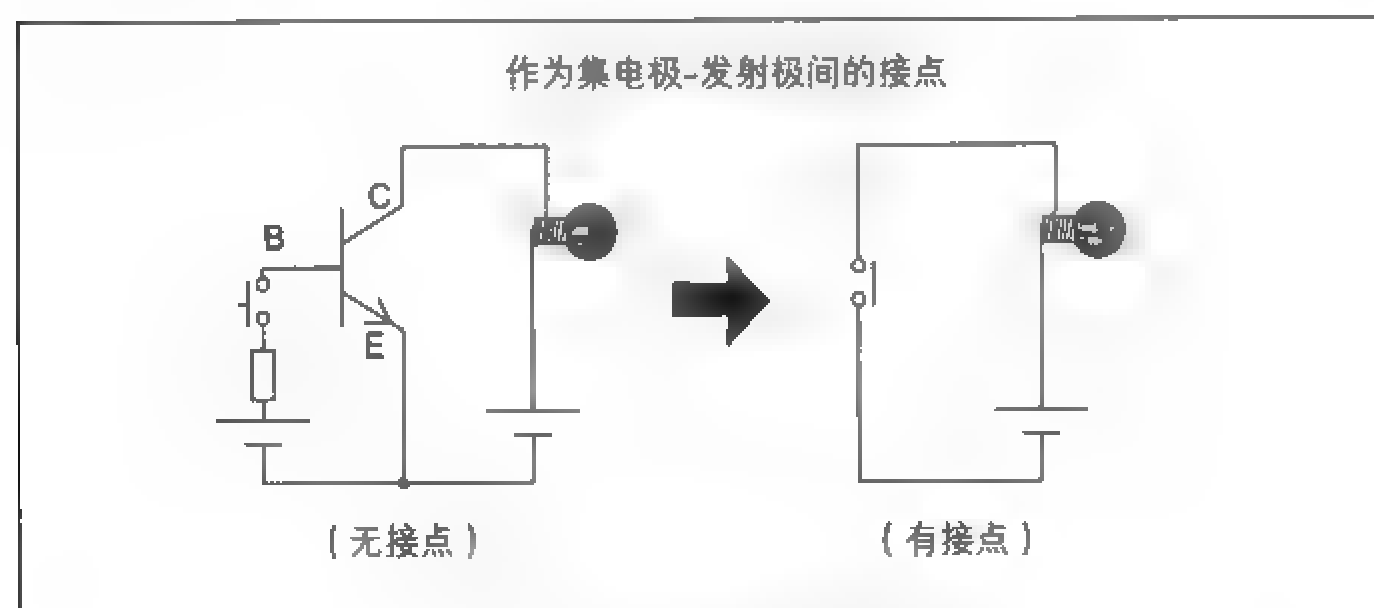
晶体管是由施加于电极的电压或是控制电流，而使信号放大（放大作用），或是具有开关功能（开关作用）的半导体元件。

一般将以作为开关使用的晶体管来控制大电力者，特别被称为大功率晶体管，通常使用NPN型晶体管。



◆ 图5-6 晶体管的符号图

使用晶体管的开关，由于不会消耗接点，因此可减少故障，又由于可快速地开关，因此可作更为精细的控制。

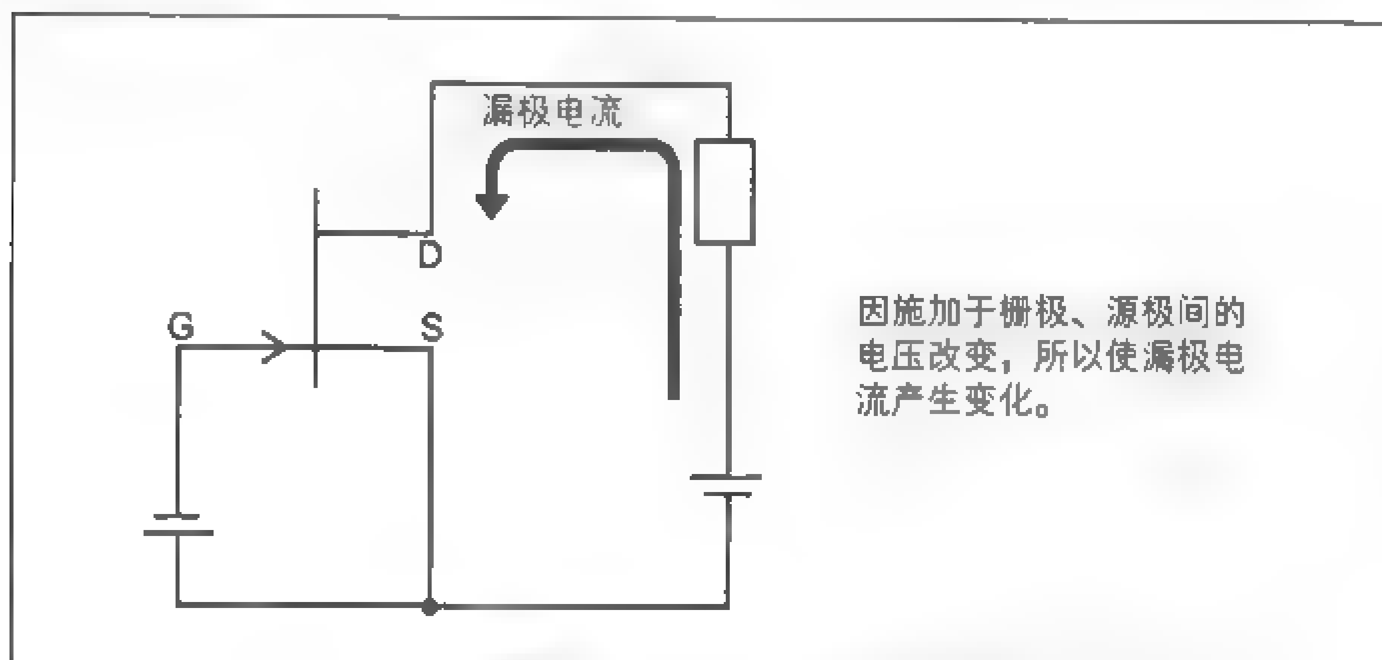


◆ 图5-7 具有开关功能的晶体管

场效应晶体管

以输入基极的电流变化来控制集电极电流的晶体管称为双载子晶体管（Bipolar Junction Transistor，BJT，又称为双极结型晶体管）。相对于此，不是以电流，而是由输入的电压变化来控制电流的晶体管，称为场效应晶体管（Field Effect Transistor，FET）。

由于场效晶体管没有在输入处流通电流，因此消耗功率非常小，具有反应速度快的优点。电极有G（Gate，栅极）/D（Drain，漏极）/S（Source，源极）三个，分别相当于双载子晶体管的基极/集电极/发射极。场效应晶体管以对输入栅极的电压变化来控制漏极电流（Drain current）。

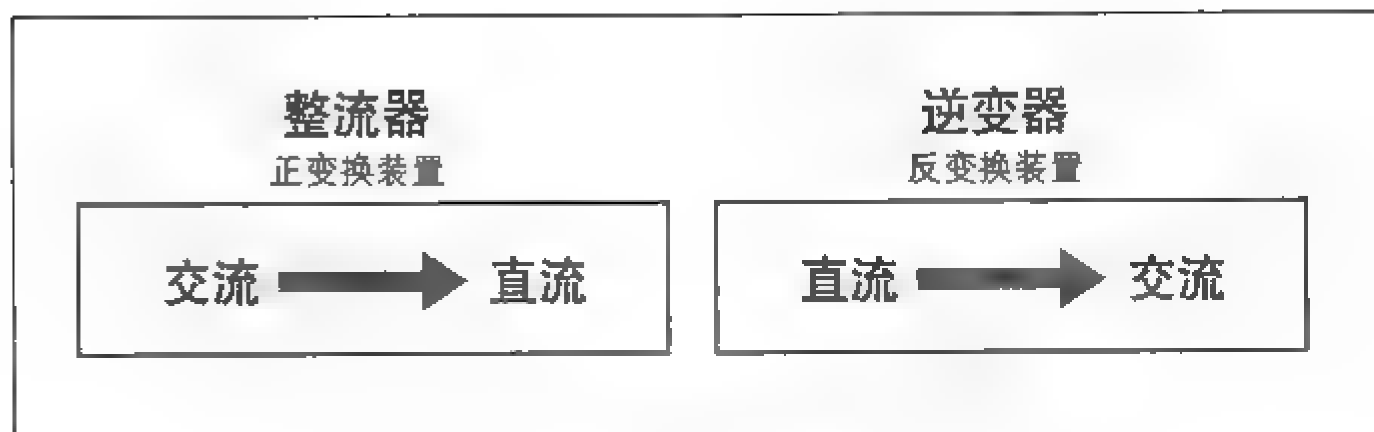


◆ 图5-8 场效应晶体管（N沟道（Channel））

电视或电脑等电器产品都使用了在一个零件中配置了许多晶体管或电阻等零件的IC。IC的栅极则采用以氧化矽的薄膜做为绝缘体材料的金属氧化物半导体场效应晶体管（Metal Oxide Semiconductor-Field Effect Transistor，MOS-FET）。

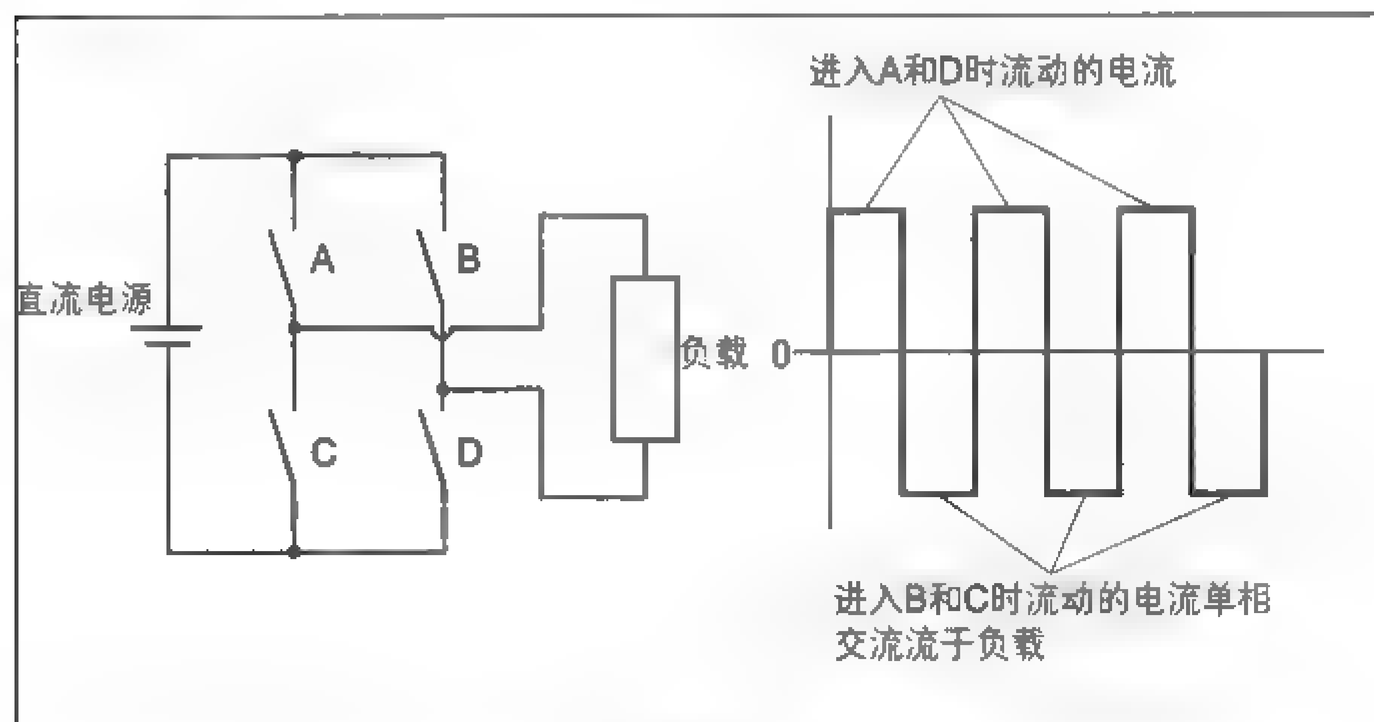
逆变器和变频器

使用二极管等将交流电转换为直流电的装置称为整流器。与此相反，将直流电转换为交流电的装置则称为逆变器。



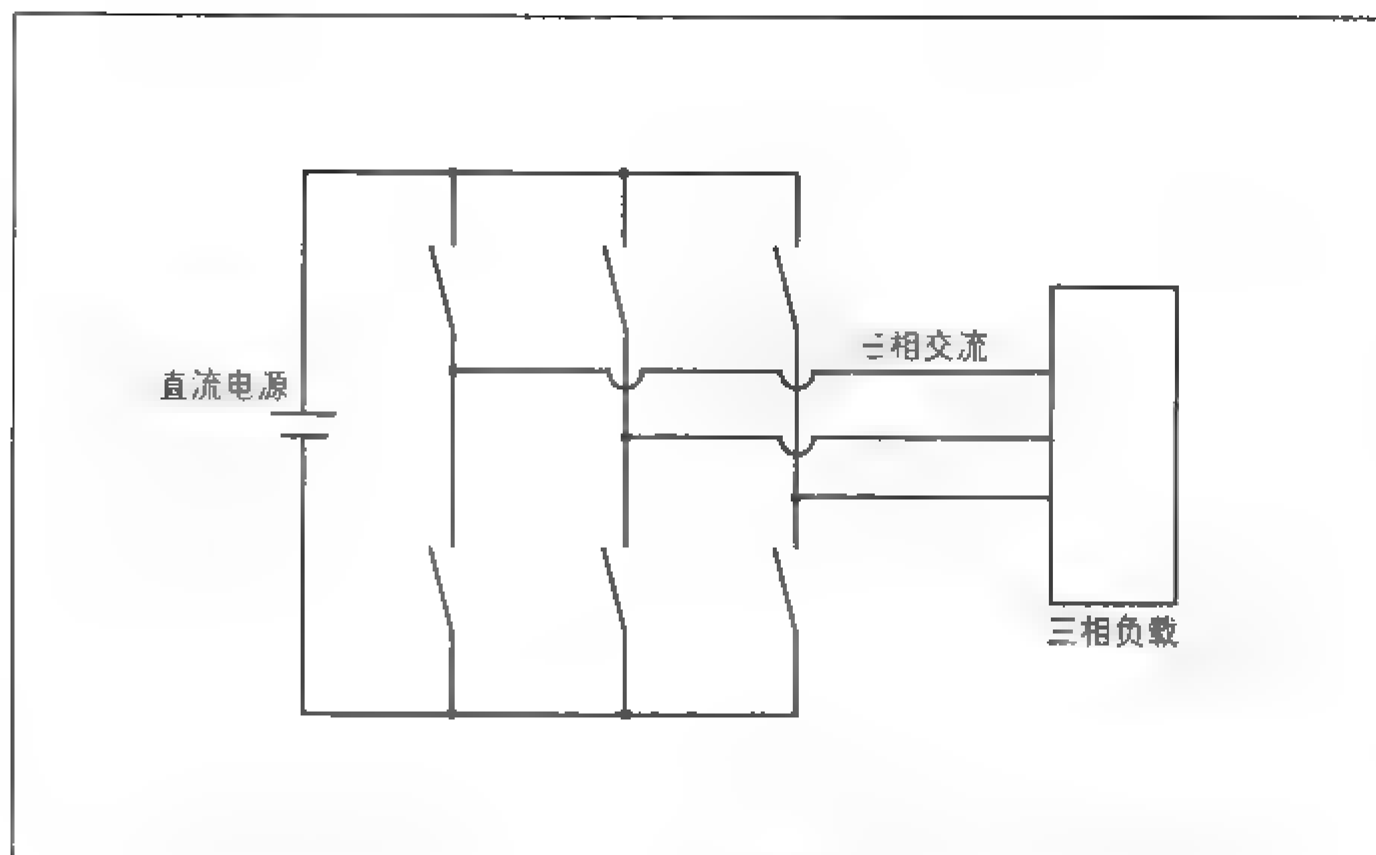
◆ 图5-9 整流器和逆变器

逆变器中使用了晶体管等具有开关功能的半导体开关元件。将四个半导体开关元件如图5-10般相接，并将A和D、B和C互相切换后，即可做出单相交流（Single-Phase A.C ）。此外，可借着改变半导体开关元件的切换速度，来自由地变换单相交流的频率。



◆ 图5-10 用逆变器做成的单相交流

使用六个半导体开关元件即可做出三相交流，它和单相交流同是借由改变半导体开关元件的切换速度，来做出想要的三相交流的频率。



◆ 图5-11 三相变频器

使用交流电源的感应马达（Induction Motor）的回转速度与电源频率成正比。若电源频率固定，则回转速度也会固定而不会产生变化。

为了使空调制造冷、暖气，因此压缩机必须以马达运转，以压缩冷媒气体。若马达的回转速度固定，就算只需要较小的功率时也会输出大的功率，而造成电力的浪费。

因此，可借由变频器制造出符合要求的频率的交流电，再使马达的回转速度依所需功率做连续变化，如此可无浪费又节省能源地运转。

此外，最近的变频空调（Inverter Air Conditioner）中采用的是以直流电源回转的直流马达。为了改变直流马达的回转速度则需要改变电压，这也得使用半导体开关元件。

变频器除了用于空调外，目前也已扩大运用到其他各个领域，例如，照明机器或冰箱等生活中的电器，甚至铁路的车辆中等。

传感器

电器中装置了多种可代替人体的眼睛或皮肤的感觉的传感器(Sensor)。人类具有视觉、听觉等五感。若电器也具备这五种感觉，便可代替人类完成各种工作。

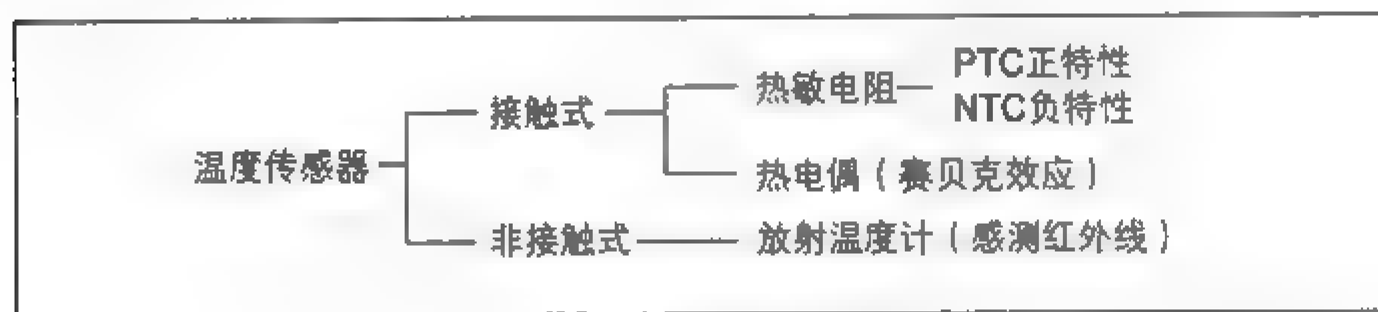
具有五感功能的机器即为传感器。例如，电暖器靠温度传感器来感测温度，以控制电暖器的开关。因此我们不需要随时去控制开关。

由于传感器可将光或热等物理性信息转换为电的信息，再传输至电路中，使电器自动运转。此外，传感器中，还有能感应到人类无法感觉到的磁气、无法看见的红外线的传感器。

温度传感器

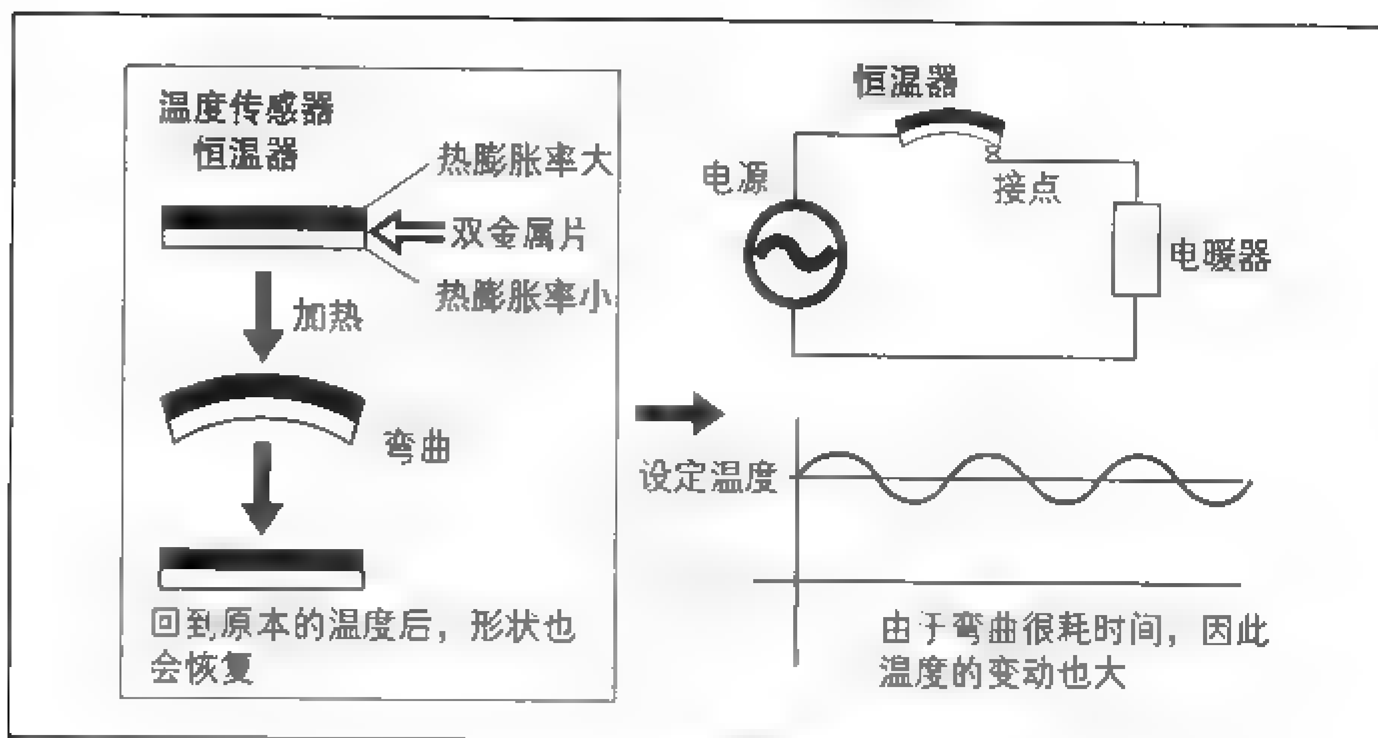
温度传感器是可依温度变化切换接点，或依温度变化使电阻改变的装置。温度传感器又分为直接与欲测试温度的物质接触的接触式传感器，以及不需接触即能感测其放射出的热能的非接触式传感器两种。

接触式的温度传感器中，又分别有热敏电阻(Thermistor)、恒温器(Thermostat)及热电偶(Thermocouple)等许多种。此外，非接触式的则有红外线传感器。



◆ 图5-12 温度传感器的分类

双金属片(Bi-Metal)恒温器是最简单的温度传感器。它是将热膨胀率不同的两种金属板压合在一起，并使用伴随温度变化而弯曲的双金属的温度传感器。恒温器通常用于电暖器，由于它是用接点直接控制电暖器的开关，因此只能执行变动大的温度控制。断路器的过电流(Overcurrent)也是使用双金属的温度传感器。

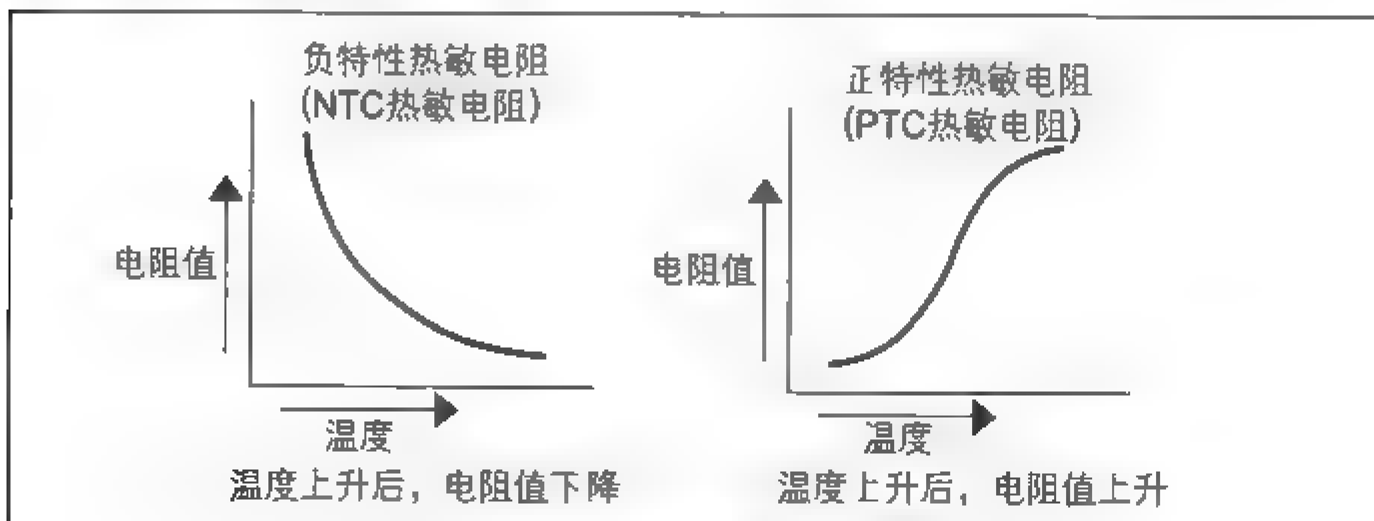


◆ 图5-13 双金属片恒温器的温度控制

热敏电阻为依温度变化而使电阻不断变化的温度传感器。一般而言，金属的电阻也会随温度致变而改变，然而即使仅有小量的温度变化，热敏电阻的电阻值也能产生显著的变化。此外，由于热敏电阻中，无法使大电流直接流动，因此必须和电路组合以控制温度。

热敏电阻有两种，分别为当温度上升时，电阻值亦上升的正特性热敏电阻，以及温度上升时，电阻值下降的负特性热敏电阻。正特性热敏电阻称为PTC热敏电阻，负特性电阻称为NTC热敏电阻。

现在的空调或冰箱中的温度传感器皆采用热敏电阻，借由半导体元件和电路的组合，将可达成极精细的温度控制。

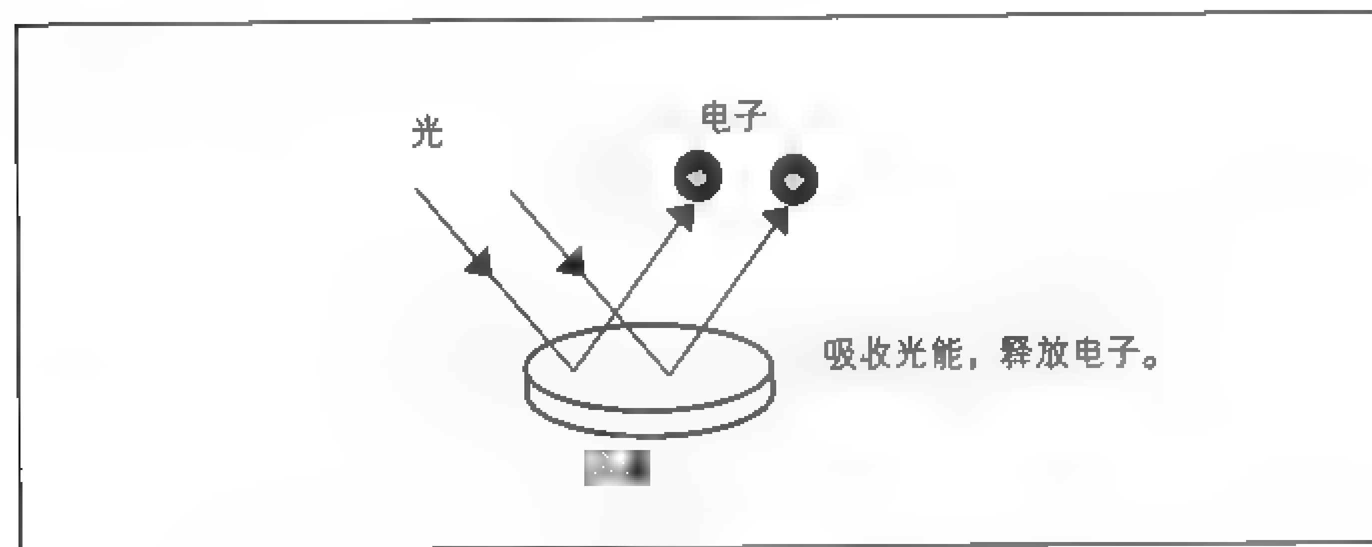


◆ 图5-14 热敏电阻的感温特性

光传感器

光传感器(Photo Sersor，或称为光侦测器(Photo Detector))可以像我们的眼睛一般感测到光。目前被广泛地运用在天色变暗时，自动开启街灯，以及电器的红外线遥控器的受光部位上等。

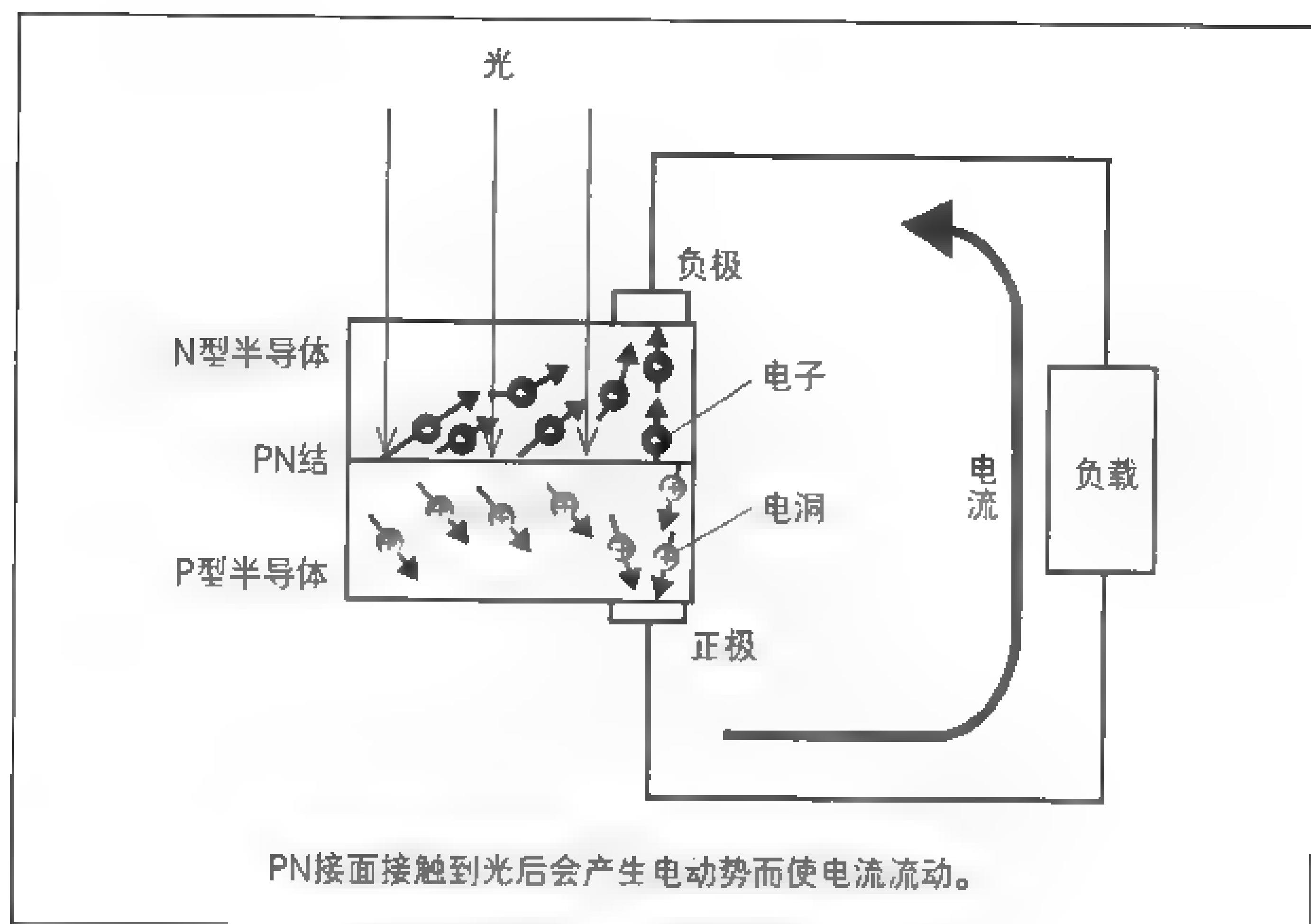
光传感器可将光能转换为电信号。金属等物质吸收光能，而发出电子的现象称为光电效应(Photoelectric Effect)(图5-15)。



◆ 图5-15 光电效应

此外，半导体的接面因光电效应而出现电压的现象称为光起电力效应(Photovolatic Effect，PE，又称为光伏效应)。运用了光伏效应的光传感器分别有光电二极管(Photodiode)及光电晶体(Phototransistor)等两种。太阳能发电中所使用的太阳能电池也是通过光起电力效应来发电。

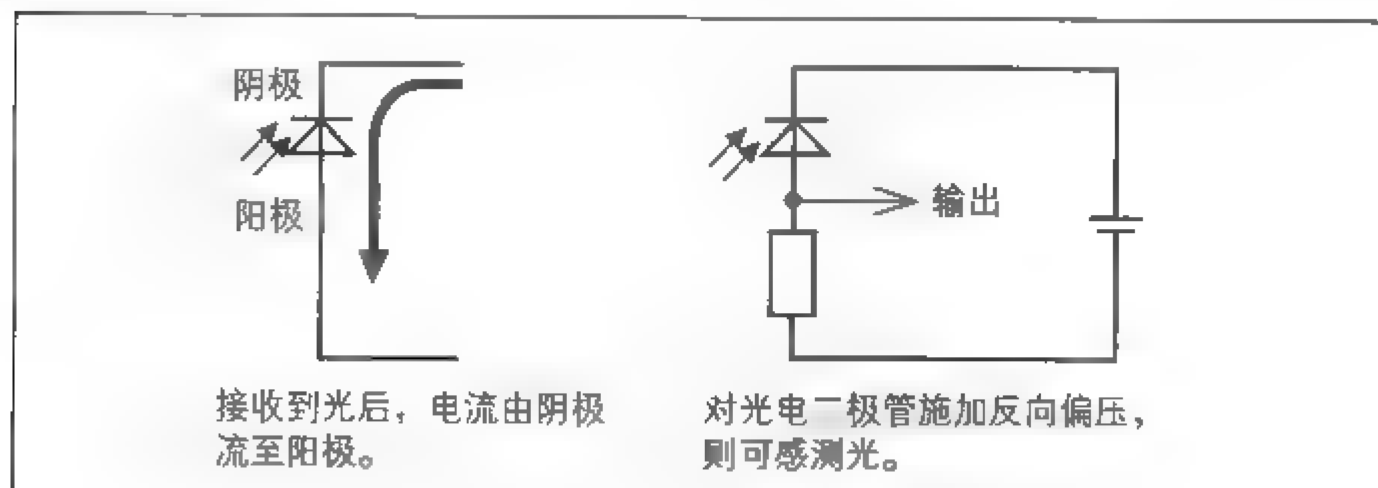
当太阳能电池的PN结接触到光能时，电子和空穴分别向负极及正极移动，从而产生电动势。将它与负载连接后，就会有电流流动。



◆ 图5-16 太阳能电池的光起电力效应

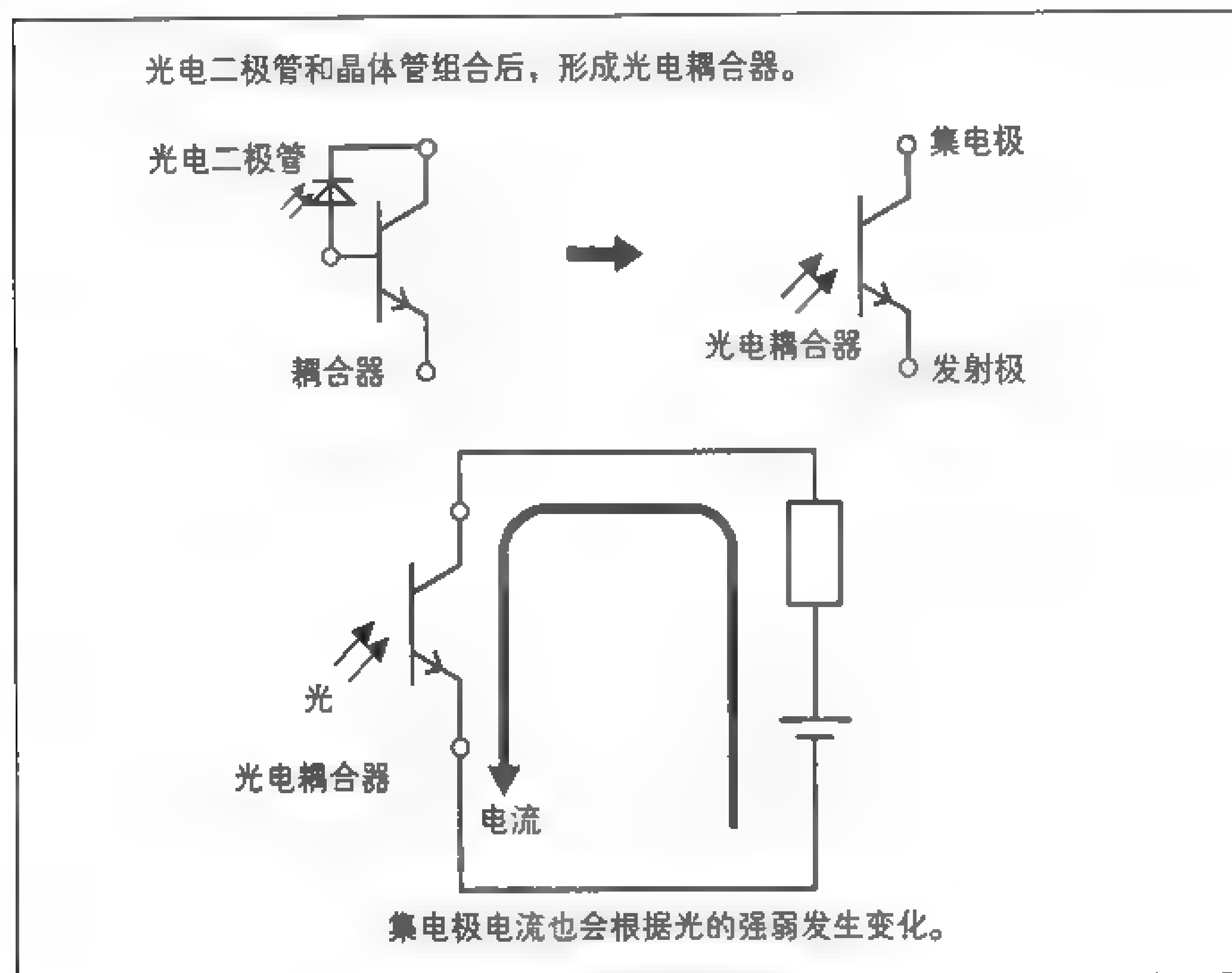
电子等因光电效应而产生电的运输者，使物质的内部电阻值产生变化的情况称为光电导效应（Photo Conduction）。CdS（硫化镉）电池就是利用光电导效应的典型例子。

光电二极管是一旦受到光或红外线，就会因光伏效应使电流由阴极流向阳极的半导体元件。此时流动的电流依光的强弱而发生变化，只要测定此电流就可当做光传感器来应用。



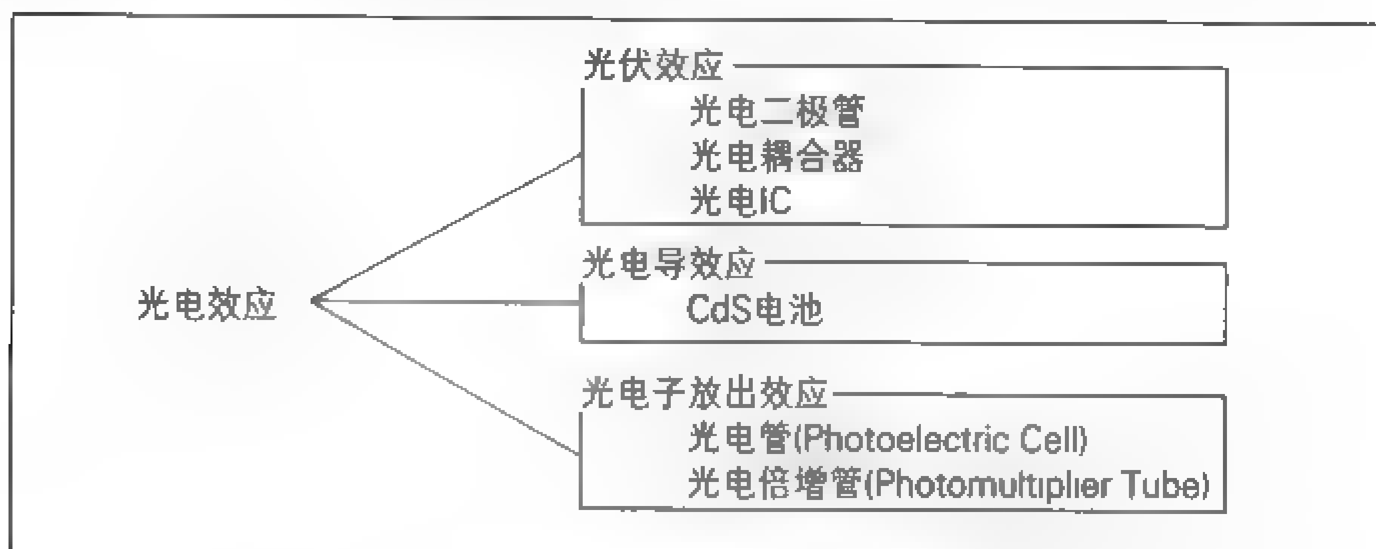
◆ 图5-17 光电二极管

将光电二极管和晶体管相组合后的零件称为光电耦合器。光电耦合器中虽有基极，但一旦受光后，则会和基极电流流动时一样，集电极电流也会流动。此外，集电极电流也会根据光的强弱发生变化。



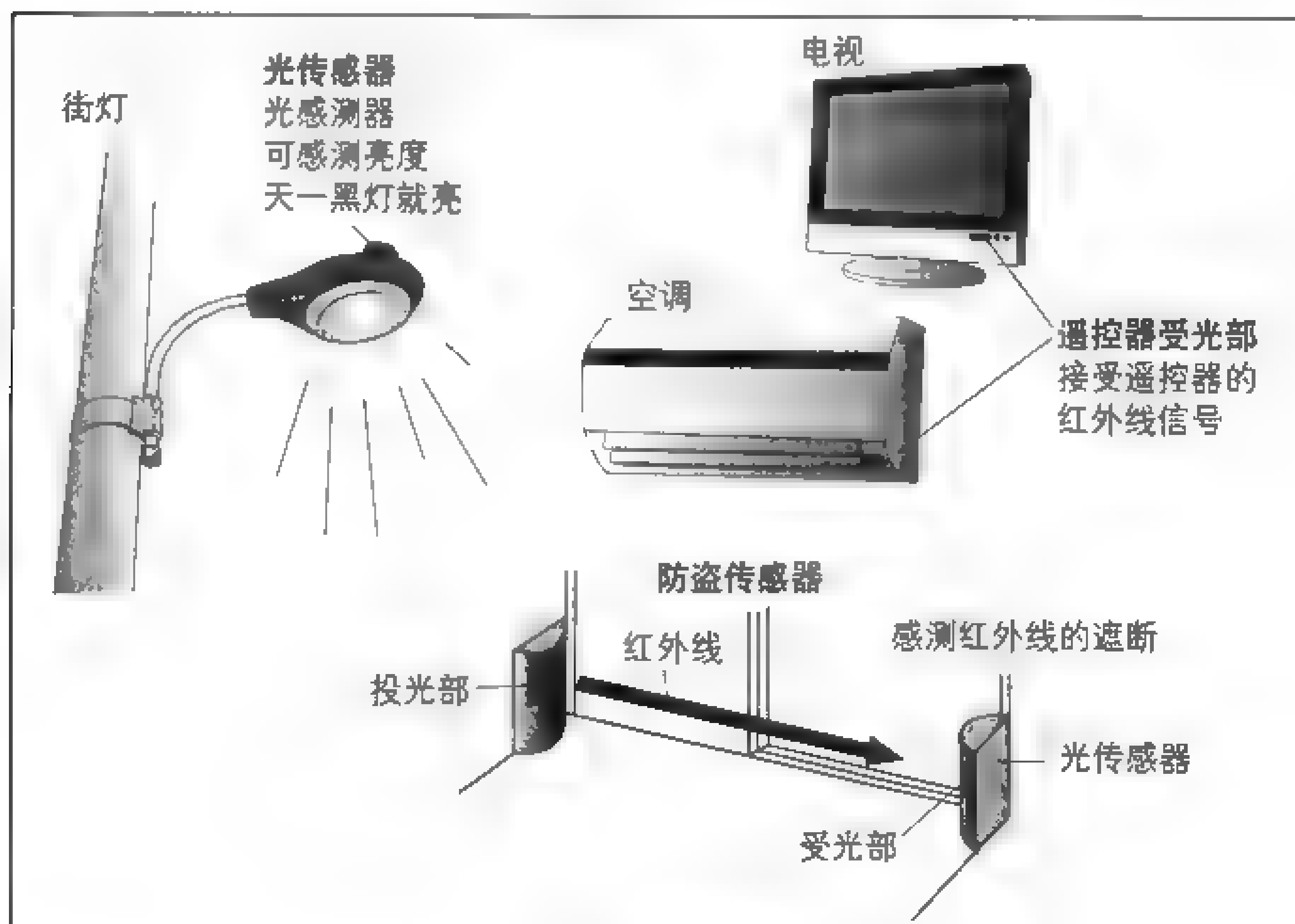
◆ 图5-18 光电耦合器

只要使用如同光电耦合器般的光传感器，则不需接触目标物体，也可感测出物体位置，或是物体是否存在。



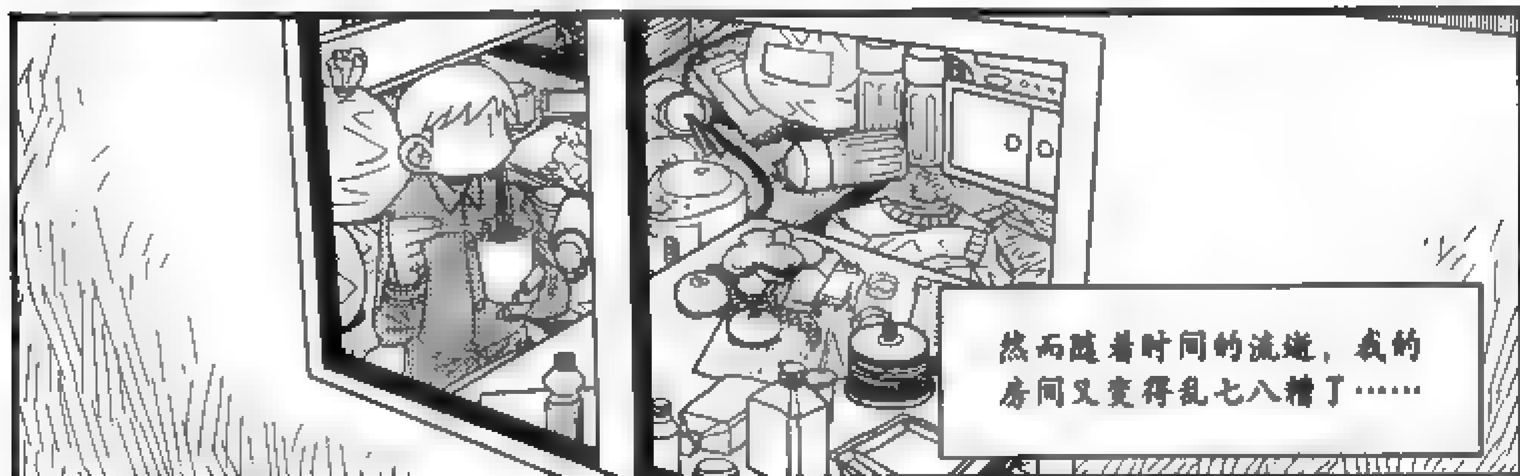
◆ 图5-19 光电效应和光传感器

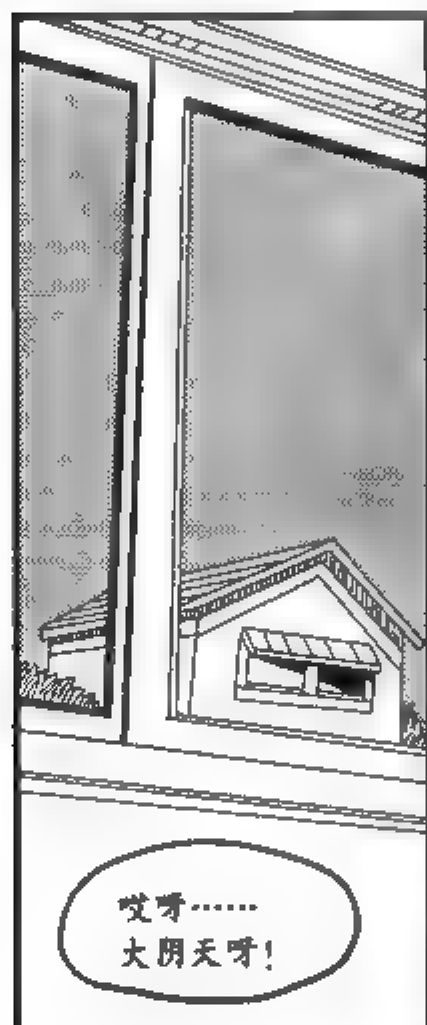
目前光传感器被广泛使用后，可感测亮度以控制照明灯具的开关或调光装置，以及光遮断传感器的防盗装置等。

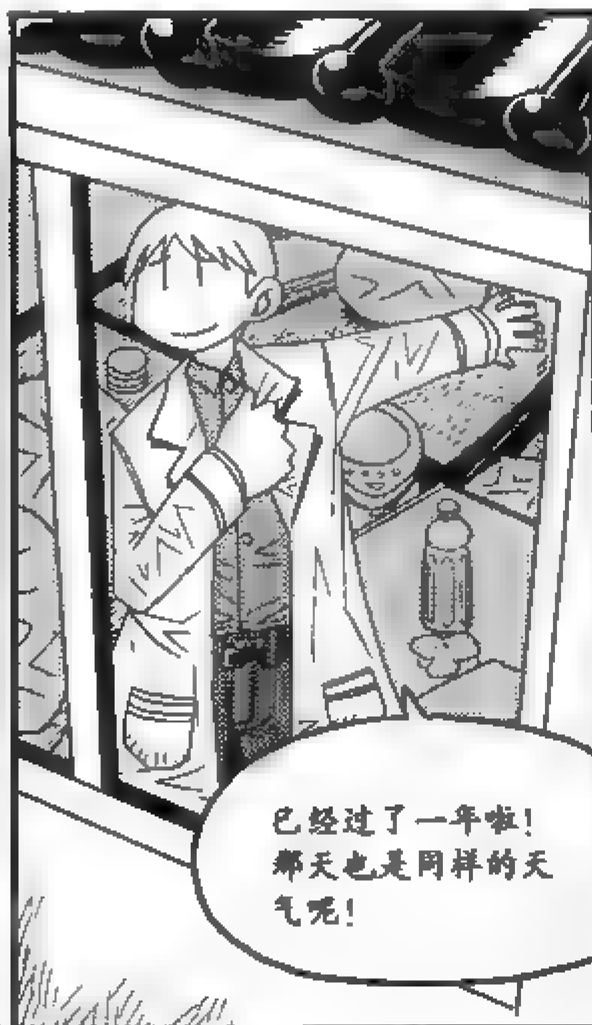


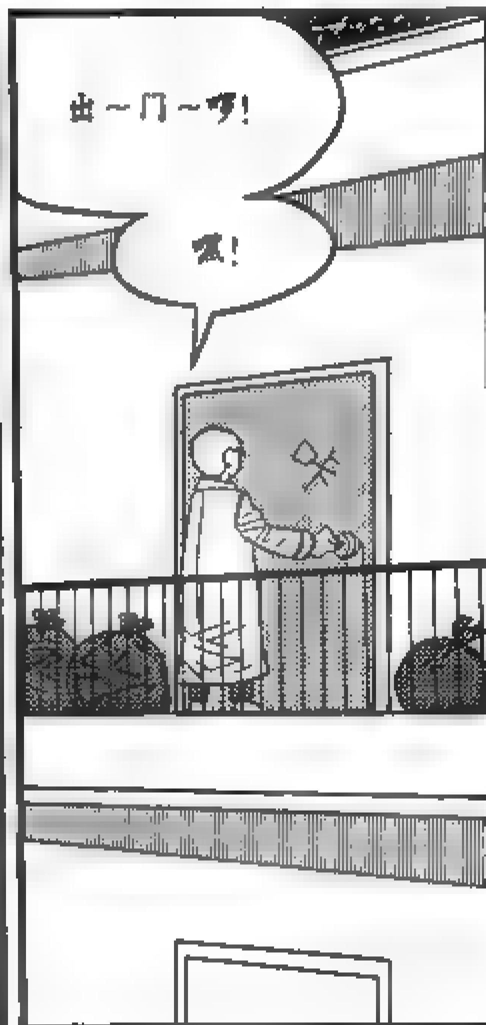
◆ 图5-20 光传感器的用途

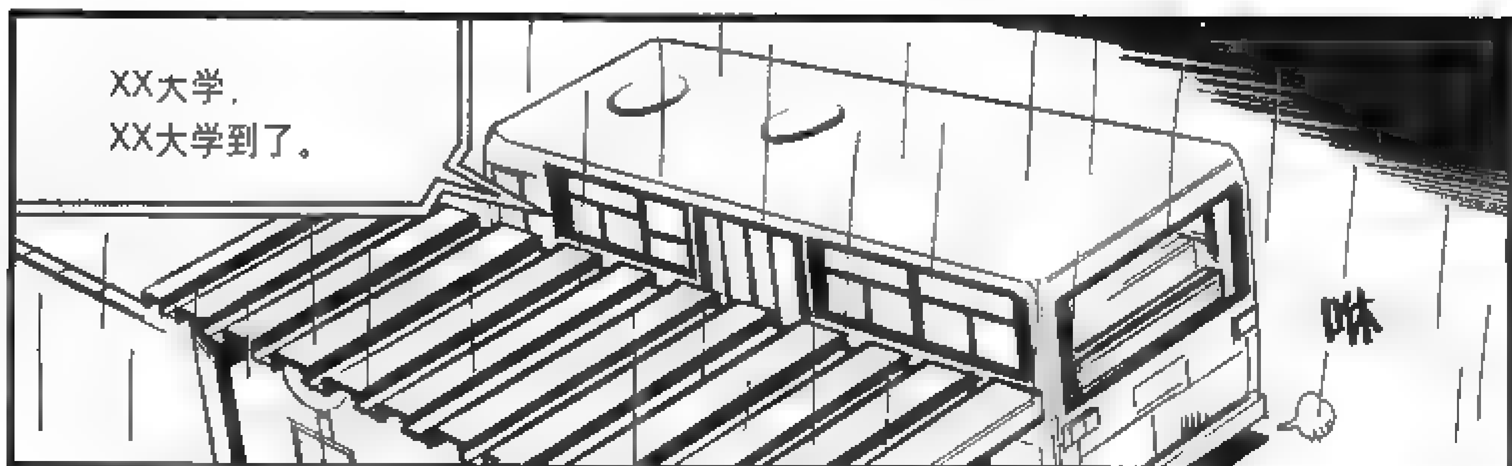

丽丽子已经离开这里，
而我又回到埋头研究的
生活。


然而随着时间的流逝，我的
房间又变得乱七八糟了……


哎呀……
大阴天呀！


已经过了一年啦！
那天也是同样的天
气呢！


出～门～啰！
嘿！

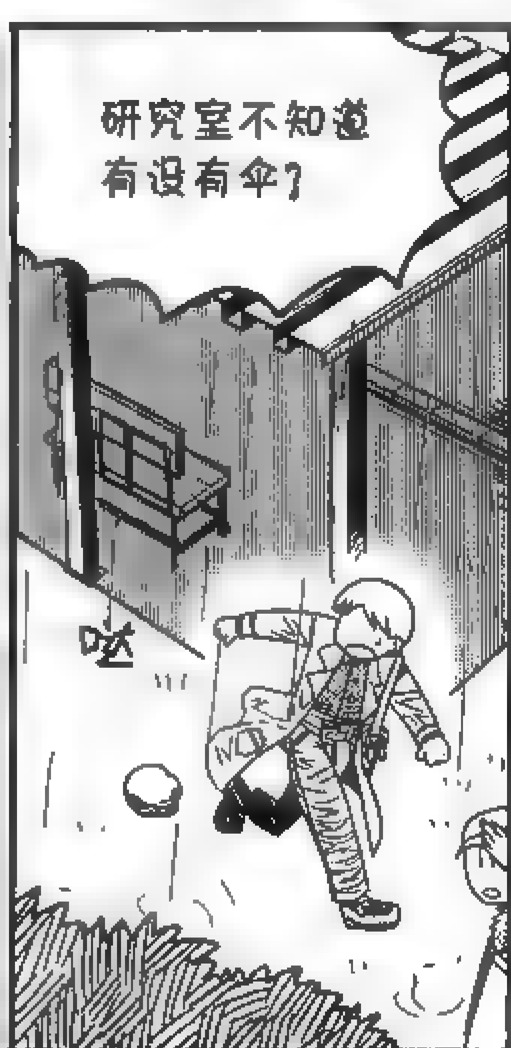

XX大学，
XX大学到了。
咻


哇！
怎么突然下雨了……
沙沙沙沙


糟糕！
忘了带伞……
?


轰隆
怎么之前好像也说过同样的话……


沙沙沙沙沙……
……咦？


研究室不知道有没有伞？
哒


研究室
吱
資料没有损失吧？！


小光老师？！
哇啊！！！

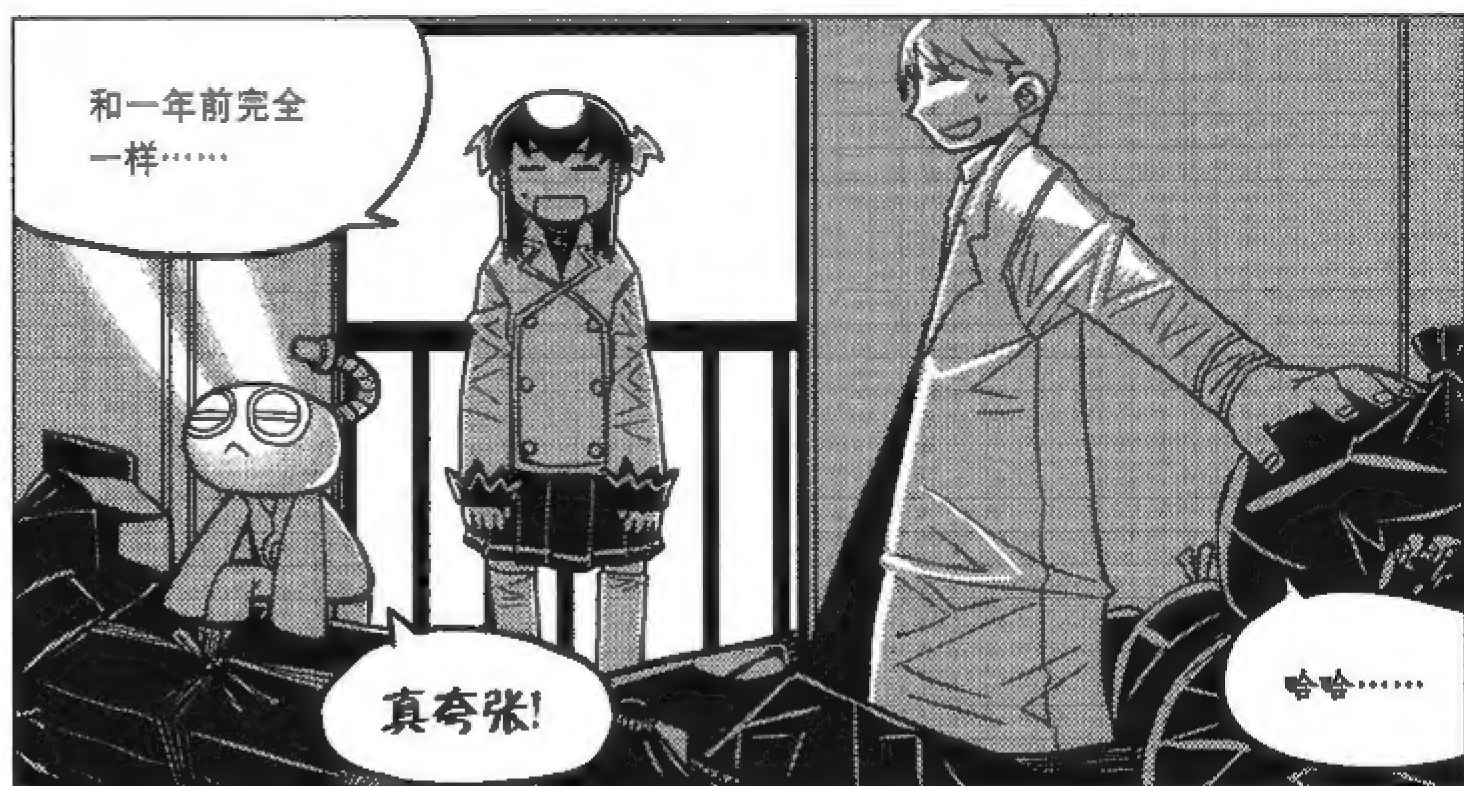

咦？……


丽、
丽丽子？！
好久不见了！
我又来了！！


怎么了？
又来补课吗！？
不是啦！多亏小光老师的指导，我顺利升级啰！



是啊！今后就一起学习吧！


和一年前完全一样……
真夸张!
哈哈……

（O-3851.0102）
责任编辑：张丽娜　赵丽艳
责任制作：董立颖　魏　谨
封面制作：许思麒

用漫画这种形式讲数学、物理和统计学，十分有利于在广大青少年中普及科学知识。

周恩来、邓颖超秘书，周恩来邓颖超纪念馆顾问
中日友好协会理事，《数理天地》顾问，全国政协原副秘书长

用漫画和说故事的形式讲数学，使面貌冷峻的数学变得亲切、生动、有趣，使学习数学变得容易，这对于提高全民的数学水平无疑是功德无量的事。

《数理天地》杂志社　社长 总编
"希望杯"全国数学邀请赛组委会 命题委员会主任

用漫画的形式，讲解日常生活中的数学、物理知识，更能让大家感受到数学殿堂的奥妙与乐趣。

《光明日报》　原副总编辑
中华炎黄文化研究会 常务副会长

科学漫画是帮助学习文科的人们用形象思维的方式掌握自然科学的金钥匙。

中国人民大学外语学院日语专业 主任
大学日语教学研究会 会长

在日本留学的时候，我在电车上几乎每次都能看到很多年轻的白领看这套图书，经济实惠、图文并茂、浅显易懂，相信这套图书的中文版也一定会成为白领们的手中爱物。

大连理工大学 能源与动力学院 博士 副教授

我非常希望能够在书店里看到这样的书：有人物形象、有卡通图、有故事情节，当然最重要的还有深厚的理工科底蕴。我想这样的书一定可以大大提升孩子们的学习兴趣，降低他们对于高深的理工科知识的恐惧感。

北京启明星培训学校 校长

书中的数学知识浅显实用，漫画故事的形式使知识贴近生活，概念更容易理解。

北京大学 数学科学学院 博士

上架建议：科普/漫画
ISBN 978-7-03-027093-1



科学出版社 东方科龙
http://www.okbook.com.cn
zhaoliyan@mail.sciencep.com

定价：32.00元